

# ANNALES

DE

# L'INSTITUT PASTEUR

---

## RECHERCHES SUR LE MÉCANISME DES ÉCHANGES ENTRE LES RACINES ET LE SOL. ÉCHANGES ENTRE LES DIVERS TISSUS DE LA PLANTE

par P. MAZÉ.

J'ai établi au cours de recherches antérieures (1), que les racines tendent à puiser, dans le milieu qu'elles envahissent, une solution de composition définie, dont l'afflux vers les divers organes de la plante est réglé par le travail chimique qui s'y accomplit.

Les échanges entre la plante et son milieu nutritif ne sont donc pas livrés au libre jeu des lois physiques.

Lorsqu'on s'est avisé de transporter intégralement les lois de l'osmose dans le domaine de la physiologie, on a donné au raisonnement le pas sur les faits.

Il est arrivé que les faits ne cadrent plus avec les théories issues de raisonnements par analogie. Ce sont donc les théories qui sont en défaut.

Il convient de les reviser ou de leur substituer une conception mieux en harmonie avec les renseignements fournis par l'expérience.

J'ai déjà assimilé le mécanisme de l'absorption à une filtra-

(1) P. MAZÉ, Rôle de l'eau dans la végétation. Ces *Annales*, t. XXVII, décembre 1913, p. 1093.

tion à travers un réseau à mailles rétractiles, essentiellement réglable, capable de laisser passer les substances colloïdales ou de s'opposer même à l'infiltration de l'eau (*loc. cit.*).

Cette interprétation qui découle directement des faits n'exclut pas, *a priori*, l'intervention des phénomènes osmotiques. Je m'attacherai donc tout d'abord à faire la part de ces derniers.

Je pourrais déjà la fixer par la discussion des faits relatifs à l'absorption :

C'est ainsi, par exemple, que le rôle de l'osmose apparaît tout de suite comme très effacé, quand on constate qu'une solution nutritive étendue est rapidement privée de ses éléments solubles par les racines, et qu'une solution concentrée s'enrichit, au contraire, tout en fournissant à la plante toutes les substances qui lui sont nécessaires. Dans le premier cas, les racines absorbent plus de sels que d'eau; dans le second, c'est l'eau qu'elles empruntent en plus grande quantité que les sels.

Mais malgré la valeur probante de ces faits, j'ai tenu à revenir sur la question. L'absorption est en effet l'acte qui amorce la circulation de la sève; si on parvient à en connaître tous les rouages, il est vraisemblable que l'on réussira aussi à fournir une interprétation rationnelle des échanges entre les divers tissus de la plante.

Partout où les actions osmotiques peuvent se manifester, elles tendent à établir l'identité de composition de deux solutions séparées par une membrane perméable.

C'est ce critérium que j'ai adopté pour étudier le rôle de l'osmose dans le phénomène de l'absorption. Il conserve en effet toute sa valeur, puisque les racines, qui sont aussi des organes d'excrétion, laissent passer dans les deux sens les substances minérales et organiques dans les conditions normales de la végétation.

Je dois faire remarquer, du reste, que j'ai déjà abordé indirectement la question, et que les conclusions qui la concernent peuvent être tirées des chiffres relatifs à la richesse en cendres des plantes cultivées dans des solutions de concentration variable.

Ces conclusions sont naturellement défavorables à l'intervention des phénomènes osmotiques dans les échanges entre les racines et la solution nutritive.



Elles ne font que traduire sous une forme particulière, au même titre que les résultats fournis par l'étude de l'absorption des solutions de concentration variable, les conséquences de la loi que j'ai énoncée en tête de la page précédente.

Mais comme elles portent sur l'ensemble des éléments minéraux qui constituent les cendres, elles ne possèdent pas la force probante qu'il est facile d'atteindre dans cet ordre de faits.

Au lieu d'envisager la totalité des substances minérales qui restent après la calcination au rouge, il est en effet plus simple de considérer un seul corps et de déterminer sa concentration dans la liqueur nutritive et dans les divers suc de la plante à un moment quelconque, au cours de la végétation. Il y a en outre un avantage évident à choisir une substance que la plante tolère à haute dose, afin que les écarts constatés fassent ressortir le sens de la conclusion avec une grande netteté.

Dans les expériences que je vais décrire, j'ai donné la préférence au saccharose, parce qu'il répond à toutes ces conditions et aussi parce qu'il constitue une substance de réserve dont l'accumulation dans certaines plantes a été expliquée de diverses façons.

J'ai tenu pourtant à refaire la démonstration sur les éléments des cendres. Mais au lieu de laisser à la plante le soin d'enrichir ou d'appauvrir graduellement la solution nourricière sous l'influence de la végétation, j'ai augmenté brusquement la teneur du liquide nutritif en matières minérales à un moment où le végétal avait déjà atteint un assez grand développement. Les conséquences de ce traitement sur l'absorption des substances minérales sont intéressantes à noter.

Les conclusions concernant le rôle de l'osmose étant acquises, il était tout indiqué de poursuivre l'étude du mécanisme de l'absorption. Sur ce terrain, ce sont les propriétés du sac protoplasmique qui se révèlent dès l'abord et au premier rang la motilité du protoplasme.

L'examen du phénomène de la plasmolyse, de la poussée des racines, de la pression ou de la dépression qui se manifestent dans la plante suivant l'état de la végétation, se présentent ensuite comme les conséquences logiques d'une conception basée sur l'observation et l'expérience.

Voilà les divers points que j'aborderai dans ce mémoire.

## II

## RÔLE DE L'OSMOSE.

Les solutions nutritives additionnées de 5, 2 et même 1 p. 100 de saccharose s'enrichissent progressivement en sucres sous l'influence de la végétation.

Quand les plantes ont atteint un certain développement, la richesse saccharine de la solution devient suffisante pour gêner la transpiration diurne.

Les racines n'absorbent plus assez de liquide pour subvenir aux besoins de la végétation. Les feuilles perdent leur turgescence au soleil; mais elles la reprennent pendant la nuit (V. Rôle de l'eau dans la végétation, *loc. cit.*).

Quand ces symptômes sont fortement accusés on arrête les cultures et on détermine la richesse saccharine des solutions nutritives ainsi que des sucres des divers organes de la plante.

Les chiffres du tableau I ont été obtenus dans ces conditions : le sucre est calculé en saccharose pour 100 cent. cubes de liquide.

Tableau I.

N <sup>os</sup> des MAÏS	SUCRE DANS LA SOLUTION NUTRITIVE (p. 100)			SUCRE DANS LES ORGANES DE LA PLANTE (p. 100)		
	au début		à la fin	Racines	Tige	Feuilles
1	5	Sucre réducteur.	1,896	»	3	3,2
		Sucre total.	6,395	»	3,66	3,35
2	2	Sucre réducteur.	0,117	1,66	1,56	1,41
		Sucre total.	2,972	1,86	1,60	1,45
3	2	Sucre réducteur.	0,260	2,25	2,3	2,77
		Sucre total.	3,575	3,125	2,81	2,77

Remarquons d'abord que la variété de maïs jaune gros, Vilmorin, que j'utilise dans mes recherches, ne renferme guère que des sucres réducteurs. Parmi eux, il y a vraisemblablement du maltose, dans les feuilles tout au moins; je n'en ai pas



déterminé la proportion pour la raison bien simple que sa connaissance n'aurait apporté aucune contribution à la conclusion qui se dégage de ce tableau.

Il en résulte, en effet, que le suc des racines, séparé de la solution nutritive par une membrane cellulosique et le sac protoplasmique, présente une composition saccharine nettement différente, en quantité et en qualité, du liquide ambiant.

Les écarts sont si marqués qu'on ne peut songer à faire une part même minime aux actions osmotiques dans l'absorption des sucres par les racines.

L'augmentation rapide de la richesse saccharine de la solution nutritive prouve, ainsi que je l'ai déjà montré à plusieurs reprises, que les racines n'absorbent pas la solution en nature ; elles lui empruntent relativement beaucoup plus d'eau que de sucres et il arrive un moment où l'absorption de l'eau elle-même devient impossible. La plante n° 1 est parvenue à cet état où ses cellules ne peuvent supporter un nouvel apport de sucre. Exposée au soleil, elle perd sa turgescence à vue d'œil (1).

Ce phénomène est moins prononcé chez les n°s 2 et 3 ; la richesse saccharine de leurs sucres cellulaires est, en effet, sensiblement inférieure à celle des organes correspondants de la plante n° 1 ; elles continuent d'ailleurs à gagner du poids, pendant que la végétation du n° 1 peut être considérée comme arrêtée (2).

Tous ces faits cadrent bien avec l'interprétation que j'ai donnée du mécanisme de l'absorption (*loc. cit.*).

Si on réduit le travail chimique de la plante de façon à

(1) Ces *Annales*, 3<sup>e</sup> mémoire, t. XXVII, p. 1093.

(2) Je n'ai pas pu évaluer le poids frais de ces plantes à cause de l'impossibilité d'essorer convenablement les racines ; mais les pertes de poids des flacons dues à la transpiration permettent de calculer leur poids sec avec une approximation suffisante en utilisant les données établies, dans le 3<sup>e</sup> mémoire, t. XXVII, p. 1093 de ces *Annales*.

En admettant par conséquent que la formation d'un gramme de matière végétale sèche entraîne par évaporation une perte d'eau de 75 grammes environ, on obtient comme poids approximatifs des plantes, au moment où l'on a arrêté l'expérience, les chiffres suivants :

	EAU ÉVAPORÉE en grammes.	POIDS SEC DES PLANTES en grammes.
N° 1. . . . .	357	4,76
N° 2. . . . .	576	7,68
N° 3. . . . .	843	11,24

diminuer l'afflux de la solution vers les organes aériens, il est vraisemblable que l'équilibre de la composition saccharine de la solution nutritive et des sucres cellulaires se réalisera plus facilement.

Pour vérifier cette présomption, deux plantes de la même série que les précédentes ont été exposées à la lumière diffuse, dans le laboratoire, pendant onze jours. Soumises au même traitement que celles du tableau I, en vue des mêmes déterminations, elles ont donné les résultats suivants :

Tableau II.

NUMÉROS DES PLANTES	SUCRE DANS LA SOLUTION NUTRITIVE (p. 100)			SUCRE DANS LES ORGANES DE LA PLANTE (p. 100)		
	au début		à la fin	Racines	Tige	Feuilles
1	5	Sucre réducteur. Sucre total.	3,92 6,27	1,166 1,66	traces 0,12	» »
2	2	Sucre réducteur. Sucre total.	2,32 3,98	0,39 0,56	traces 0,06	0,2 0,23

Contrairement à ce que l'on pouvait présumer, les plantes se sont appauvries en sucre ; elles ont vécu sur leurs réserves ; le sac protoplasmique est resté imperméable au sucre. Les phénomènes osmotiques n'interviennent donc pas dans les échanges entre les racines et le milieu nutritif qu'elles envahissent (1).

J'avais admis que, dans ces conditions de nutrition ralentie, l'intervention des phénomènes osmotiques était vraisemblable ; mais même cette concession n'est pas confirmée par l'expérience (*loc. cit.*).

La conclusion qui se dégage de l'étude des échanges dans les milieux purement minéraux a la même netteté, comme on va le voir ; sa signification est identique.

On a mis en culture, le 27 avril 1914, dans des flacons de

(1) Les poids de solution évaporés et les poids secs calculés des plantes nos 1 et 2 sont respectivement 335 et 893 grammes, 4,46 et 11,0 grammes.

4 à 5 litres de capacité, une série de 7 maïs alimentés par la solution minérale suivante, préalablement stérilisée à 120 degrés :

Nitrate de sodium . . . . .	0,5 gr.
Phosphate de potassium (1) . . . . .	0,5
Sulfate de magnésium . . . . .	0,1
Sulfate ferreux . . . . .	0,05
Chlorure de manganèse . . . . .	0,02
Chlorure de zinc . . . . .	0,02
Silicate de potassium . . . . .	0,02
Carbonate de calcium . . . . .	2,00
Eau de source . . . . .	1000

Je rappelle que les flacons de culture sont munis de deux tubulures. L'une centrale est réservée à la plante, l'autre latérale porte un tube qui passe dans un tampon de coton fortement serré et descend jusqu'au fond du flacon. Ce tube permet d'introduire dans le récipient des solutions d'entretien au cours de l'expérience, dans des conditions d'asepsie rigoureuse.

Le 2 juin, on prélève sur les 7 maïs qui composent la série, un groupe de 4 plantes destinées à la démonstration projetée ; on évalue les poids de solution qu'elles ont déjà évaporés, et on déduit de ces chiffres leurs poids secs approximatifs en admettant que l'élaboration d'un gramme de matière végétale exige 140 grammes d'eau.

On obtient ainsi, à titre d'indication concernant le développement des plantes, les résultats suivants :

Tableau III.

	EAU ÉVAPORÉE en grammes.	POIDS SEC DES PLANTES en grammes.
N° 1 . . . . .	613	4,37
N° 2 . . . . .	450	3,21
N° 3 . . . . .	450	4,64
N° 4 . . . . .	532	3,80

Le 3 juin, on fournit aux plantes n<sup>os</sup> 1 et 2 la solution d'entretien suivante, solution E :

Nitrate de sodium . . . . .	0,5 gr.
Phosphate de potassium . . . . .	0,5
Sulfate de magnésium . . . . .	0,1
Eau de source . . . . .	1000

(1) Mélange des phosphates mono et bipotassique donnant dans la solution stérilisée une réaction acide à la phénolphtaléine correspondant à 80-100 milligrammes de NaOH par litre.



Le n° 1, qui avait perdu par évaporation 719 grammes de solution, a reçu 947 grammes de solution E; le n° 2, dont la perte était de 530 grammes, en a reçu 691.

Le 4 juin, les n°s 3 et 4 reçoivent une solution d'entretien de même composition, mais de concentration dix fois plus grande, solution E<sub>10</sub>. Le n° 3, qui avait évaporé à ce moment 867 grammes de la solution primitive, a reçu 1.021 grammes de solution E<sub>10</sub>; le n° 4 en a reçu 1.024 grammes pour compenser une perte de 682 grammes.

On avait ainsi deux lots de deux plantes : le premier lot constitué par les n°s 1 et 2 allait évoluer dans les conditions ordinaires et servir de témoin au deuxième lot, dont le développement devait se poursuivre aux dépens d'une solution concentrée.

La concentration théorique des solutions nutritives des n°s 3 et 4 était, en effet, portée respectivement à 3,396 et 3,418 p. 1.000. La concentration vraie est légèrement inférieure à ce chiffre, car la plante prélève sur la solution E une solution physiologique un peu plus riche en éléments solubles.

Dans un tel milieu, les graines de maïs ne germent pas; les plantules développées en tubes sur de l'eau distillée pendant 10-15 jours, et placées dans une liqueur nutritive aussi concentrée, n'évoluent pas non plus. Mais les plants de maïs pourvus de plusieurs feuilles normales, et d'un système racinaire déjà important, continuent d'assimiler et de gagner du poids.

Le 24 juin, on n'observe pas encore de différence appréciable entre le n° 3 et les deux témoins; mais le n° 4 souffre visiblement de l'excès de richesse de la solution nutritive.

Les poids de solution évaporés respectivement par les 4 plantes en quarante-huit heures, du 22 au 24 juin, sont les suivants :

Témoins :	{ 1 . . . . .	253 grammes.
	{ 2 . . . . .	235 —
Plantes traitées :	{ 3 . . . . .	240 grammes.
	{ 4 . . . . .	165 —

Le 24 juin, on introduit dans les flacons des n°s 3 et 4 un volume suffisant de solution E<sub>10</sub> pour compenser les pertes dues à l'évaporation depuis le 4 juin. J'ai réuni dans le tableau IV toutes les données concernant le bilan de l'opération.



Tableau IV.

	CONCENTRATION THÉORIQUE des solutions au 4 juin p. 1.000	EAU ÉVAPORÉE du 4 juin au 24 juin en gr.	SOLUTION E <sub>10</sub> FOURNIE le 24 juin en gr.	CONCENTRATION THÉORIQUE des solutions au 24 juin p. 1.000
N° 3 . . . . .	3,396	1.587	1.683	6,621
N° 4 . . . . .	3,418	1.205	1.203	5,800

A partir de ce moment, les progrès des témoins sont beaucoup plus rapides que ceux des plantes traitées. Le 30 juin, le n° 4 présente des symptômes très nets de chlorose : des gouttes de solution d'azotate de fer à 1/5.000 déposées sur les feuilles décolorées produisent, au bout de vingt-quatre heures des taches visibles dues à la formation de pigment chlorophyllien dans les cellules qui ont absorbé le fer de la solution. Le n° 3 perd également sa couleur vert foncé, et prend une teinte vert clair, exactement comme les plantes qui ont épuisé leur solution nutritive.

L'évaluation des pertes de poids des flacons dues à la transpiration diurne T. D. et à la transpiration nocturne T. N. permet de suivre très exactement la marche de la végétation des 4 plantes (tableau V). Les chiffres correspondant à T. D. ont été obtenus en calculant la différence des pesées faites à 9 heures et à 19 heures; ceux des colonnes T. N. représentent la différence des pesées effectuées à 19 heures et à 9 heures le lendemain.

Tableau V.

DATES	PLANTE N° 1		PLANTE N° 2		PLANTE N° 3		PLANTE N° 4	
	T.D.	T.N.	T.D.	T.N.	T.D.	T.N.	T.D.	T.N.
25 juin . . .	220	25	155	20	145	15	105	10
26 juin . . .	258	22	196	24	155	20	125	15
27 juin . . .	260	35	198	27	135	22	115	20
28 juin . . .	298	32	213	37	153	20	122	23
29 juin . . .	238	27	203	25	130	20	105	15
30 juin . . .	237	35	215	25	140	20	113	10
1 <sup>er</sup> juillet . .	293	40	235	38	145	15	127	10
2 juillet . .	237	25	219	28	125	18	123	17
Totaux . .	2.041	241	1.664	224	1.128	150	935	120

Ces évaluations, qui portent seulement sur une période de huit jours, montrent l'avance énorme que prennent les témoins sur les plantes traitées.

Chez les témoins, l'activité de la transpiration augmente graduellement; elle est plus sensible chez le n° 2 parce que cette plante n'avait pas encore atteint l'état de développement où la transpiration semble rester stationnaire (III<sup>e</sup> mémoire). Chez les plantes traitées, la transpiration tend à diminuer malgré l'augmentation de poids; mais il est visible que le ralentissement brusque, correspondant à l'augmentation de la richesse minérale de la solution, traduit des conditions défavorables auxquelles les plantes adultes résistent encore pendant quelque temps.

Le 10 juillet, on met fin à l'expérience; elle avait duré soixante-quatorze jours; les plantes traitées étaient encore bien vivantes, condition sans laquelle les renseignements cherchés auraient été sans valeur.

J'ai réuni dans le tableau VI les résultats relatifs aux poids des plantes, aux poids de solutions évaporées, et à l'état final des solutions résiduelles.

Tableaux VI et VII.

Nos des plantes	POIDS SEC des plantes en grammes	EAU ÉVAPORÉE en grammes	EAU ÉVAPORÉE par kilogr. de poids sec en kilogr.	VOLUME EN C. C. de la solution résiduelle	EXTRAIT SOLUBLE de la solution résiduelle à 100° p. 1.000
1	37,671	5,841	155	2,289	4,169
2	23,375	4,878	171,8	2,230	0,950
3	24,980	4,237	169,6	2,321	9,040
4	16,630	3,397	204,2	2,515	6,960

ORGANES  de la plante.	PLANTE N° 1		PLANTE N° 2		PLANTE N° 3		PLANTE N° 4	
	CENDRES p. 100 de poids sec	ALCALINITÉ des cendres en NaOH p. 100	CENDRES p. 100 de poids sec	ALCALINITÉ des cendres en NaOH p. 100	CENDRES p. 100 de poids sec	ALCALINITÉ des cendres en NaOH p. 100	CENDRES p. 100 de poids sec	ALCALINITÉ des cendres en NaOH p. 100
Racines.	17,77	14,44	18,23	11,57	19,07	28,04	22,55	11,27
Tiges.	9,05	24,31	11,84	18,50	20,45	37,93	22,55	27
Feuilles.	13,06	16,41	13,06	42,50	16,27	16,08	20,02	8,42



Le tableau VII contient les renseignements utiles sur la richesse des organes en cendres et leur alcalinité exprimée en soude NaOH p. 100 du poids des cendres.

Dans ces deux tableaux, les chiffres qui nous intéressent le plus sont ceux des extraits solubles des solutions résiduelles, et ceux qui expriment la teneur en cendres des organes végétaux.

Ils nous montrent qu'à des solutions nutritives dont les concentrations sont 1 et 9 p. 1.000, correspondent des taux de cendres de 9 et 20 p. 100 dans les tiges et de 13,06 et 16,27 p. 100 dans les feuilles.

Ces résultats sont bien de même ordre que ceux qui découlent de l'étude des solutions sucrées (1).

### III

#### RÔLE DU PROTOPLASME.

On s'accorde à attribuer au protoplasme un rôle prépondérant, sinon exclusif, dans les échanges nutritifs de cellule à cellule et dans l'absorption des substances alimentaires du sol par les racines.

On sait cependant que la structure de la membrane cellulosique des cellules végétales peut exercer une certaine influence sur le passage des aliments minéraux ou organiques ; mais cette membrane n'est qu'une enveloppe inerte que le protoplasme modifie suivant ses besoins.

C'est donc l'action de ce dernier qu'il faut suivre attentivement si l'on veut découvrir parmi ses nombreuses propriétés

(1) Les résultats fournis par cette expérience ne se bornent pas à cette conclusion.

Ils m'ont permis, en effet, d'envisager le rôle de la chlorophylle dans la végétation. (*Comptes rendus*, t. CLX, p. 739).

Je dois faire remarquer, en outre, que la richesse minérale des feuilles des numéros 3 et 4 dépasse sensiblement les limites extrêmes qui ont été observées dans toutes mes expériences antérieures touchant la répartition des cendres dans les organes du maïs.

L'enrichissement brusque d'une solution minérale, dans laquelle plongent les racines d'une plante développée et vigoureuse, a pour conséquence une accumulation anormale de substances minérales dans les divers organes de la plante. On n'observe rien de semblable chez celles qui sont cultivées dans une solution riche à l'origine où la concentration se produit graduellement sous l'influence de la végétation.

chimiques ou physiques, celles qui président au réglage des échanges avec le milieu ambiant.

Pour éviter les complications résultant de la présence de l'enveloppe cellulosique, on est conduit à provoquer expérimentalement des variations dans l'activité de l'absorption, par des moyens manifestement incapables de modifier la structure physique ou la constitution chimique de la membrane.

J'ai réalisé ces conditions en mettant en œuvre la chaleur et les anesthésiques.

*Action de la chaleur sur l'absorption  
des solutions nutritives par les racines.*

Des flacons de 2 litres de capacité, portant des maïs déjà pourvus de plusieurs feuilles, sont placés au bain-marie ou dans la glace fondante; les organes aériens des plantes sont exposés à des conditions atmosphériques semblables à celles qui ont présidé jusque-là à leur développement.

Les variations de température n'affectent donc que les racines; leurs effets sur l'absorption peuvent être mesurés facilement par les pertes de poids des flacons dues à la transpiration, comparées à celles que produisent des plantes de même développement à peu près, placées à côté du bain-marie et du récipient à glace fondante.

Une première expérience a été faite sur des plantes cultivées dans la solution minérale dont j'ai donné la composition à la page 607 additionnée ou non de saccharose.

Cette expérience portait sur 3 lots de 3 plantes placées respectivement dans les milieux suivants à l'abri des microbes.

N° 1 : Solution minérale + 2 p. 100 de saccharose,

N° 2 : Solution minérale + 5 p. 100 de saccharose.

N° 3 : Solution minérale, sans saccharose.

Un lot est mis au bain-marie à 52-54 degrés.

Un deuxième dans la glace fondante.

Un troisième sert de témoin.

Les poids approximatifs des plantes, calculés d'après les poids perdus par les solutions nutritives (voir page 605, note (2)), sont consignés au tableau VIII.



Tableau VIII.

	N <sup>os</sup> des plantes	SOLUTIONS NUTRITIVES	(1) POIDS PERDU en grammes par les solutions nutritives	(2) POIDS SECS des plantes calculés en grammes
Lot I Bain- marie :	N <sup>o</sup> 1	Saccharose 2 p. 100	312	4,16
	N <sup>o</sup> 2	<i>Id.</i> 5 p. 100	453	2,04
	N <sup>o</sup> 3	0	290	2,07
Lot II. Glace fondante :	N <sup>o</sup> 1	Saccharose 2 p. 100	375	5,00
	N <sup>o</sup> 2	<i>Id.</i> 5 p. 100	486	2,48
	N <sup>o</sup> 3	0	412	2,94
Lot III. Témoin :	N <sup>o</sup> 1	Saccharose 2 p. 100	470	6,26
	N <sup>o</sup> 2	<i>Id.</i> 5 p. 100	242	3,22
	N <sup>o</sup> 3	0	450	3,21

L'expérience a duré trois jours; les conditions atmosphériques ont été favorables à l'assimilation carbonique pendant le premier jour et défavorables pendant les deux autres où le ciel est resté couvert.

Les plantes placées dans le bain-marie ont conservé leur aspect normal pendant toute la durée de l'expérience, bien que la température du bain ait atteint 57 degrés le premier jour, de 14 à 17 heures, sous l'influence des radiations solaires. Elle est tombée à 54-55 degrés à 19 heures et s'est maintenue à 52-53 degrés pendant la nuit. Elle n'a pas dépassé 54 degrés, pendant les deux jours suivants.

Les maïs dont les flacons étaient entourés de glace fondante ont perdu graduellement leur turgescence au soleil au bout de deux heures. Les feuilles de la base de la tige se sont fanées définitivement; les feuilles terminales enroulées et pendantes reprenaient en partie leur turgescence la nuit, pour la perdre le jour dès que l'assimilation devenait sensible; mais il n'y avait aucune différence appréciable entre les plantes qui végétaient dans les solutions sucrées et celle qui poussait en solution purement minérale.

L'influence du sucre dont la concentration était supérieure à 6 p. 100 dans les solutions qui avaient reçu à l'origine 5 p. 100 de saccharose est donc négligeable.

Ce résultat pouvait se prévoir d'après les chiffres des tableaux I et II, pages 604 et 606, qui montrent que le suc cellu-

laire est beaucoup plus pauvre en sucres que la liqueur nutritive; mais il était bon de le confirmer par l'expérience.

Voici maintenant, exposés dans le tableau IX, les poids de solution que les plantes ont évaporés pendant toute la durée de l'expérience. J'ai calculé en outre les rapports de ces poids aux chiffres correspondants consignés dans la colonne (1) du tableau VIII. C'est le seul moyen de rendre comparables les résultats observés sur chaque lot considéré isolément, puisque les plantes sont alimentées par des solutions différentes.

Tableau IX.

	NOS DES PLANTES	POIDS de solution évaporé pendant l'expérience en grammes	RAPPORT de l'eau évaporée pendant, à l'eau évaporée avant l'expérience
Lot I. Bain-marie :	1 . . . . .	83	0,26
	2 . . . . .	40	0,26
	3 . . . . .	61	0,21
Lot II. Glace fondante :	1 . . . . .	22	0,058
	2 . . . . .	13	0,07
	3 . . . . .	13	0,072
Lot III. Témoin :	1 . . . . .	106	0,22
	2 . . . . .	23	0,10 (1)
	3 . . . . .	89	0,19

(1) Cette plante, qui avait un peu d'avance sur les deux autres de la série à 5 p. 100 de sucre, perdait déjà sa turgescence au soleil.

Les chiffres du tableau IX prouvent, comme on le voit, qu'une température élevée, mais non mortelle pour les cellules des racines, ne change pas les conditions de l'absorption; c'est une action favorisante qu'on serait tenté de lui attribuer.

Par contre, la température de 0 degré diminue fortement l'activité des racines. Conservées pendant plusieurs jours après ce traitement, les plantes des lots I et II ont continué de végéter; celles du lot II ont repris peu à peu leur aspect normal, mais elles n'ont conservé que leurs feuilles terminales.

Les mêmes conclusions découlent d'une seconde expérience effectuée sur des plantes cultivées dans des solutions purement minérales de concentration double de celle de la page 607 :



Pour étudier l'influence d'une température élevée sur l'absorption, j'ai utilisé un lot de quatre plantes dont deux étaient placées au bain-marie et deux conservées comme témoins.

Ces plantes avaient déjà consommé les poids suivants de solution nutritive :

N° 1 . . . . .	1.162 grammes.
N° 2 . . . . .	1.461 —
N° 3 . . . . .	1.100 —
N° 4 . . . . .	746 —

Leurs poids secs étaient compris entre 5 et 8 grammes environ.

Pour déterminer comparativement leur puissance d'assimilation, on a évalué les poids de solutions qu'elles ont évaporés pendant les deux jours qui ont précédé l'expérience.

Voici les chiffres qu'on a obtenus :

N° 1 . . . . .	56 grammes.
N° 2 . . . . .	65 —
N° 3 . . . . .	62 —
N° 4 . . . . .	50 —

Les plantes n<sup>os</sup> 1 et 2 ont été placées au bain-marie, réglé à 55 degrés, les n<sup>os</sup> 3 et 4, servant de témoins, étaient exposées à côté du bain-marie aux mêmes conditions atmosphériques.

L'expérience a duré six jours; la température du bain-marie a atteint au soleil des maxima de 58-59 degrés et même 60°5.

On a évalué les pertes dues à l'évaporation et par conséquent l'activité de l'absorption à trois reprises différentes :

- 1° Au bout de trente heures;
  - 2° A la fin des deux jours suivants;
  - 3° A la fin d'un troisième laps de temps de trois jours.
- J'ai réuni dans le tableau X les résultats de ces évaluations.

Tableau X.

		POIDS DE SOLUTION ÉVAPORÉ EN GRAMMES		
		pendant 30 heures	pendant les 2 jours suivants	pendant les 3 jours suivants
N° 1.	Bain-marie . . . .	50	58	75
N° 2.	<i>Id.</i> . . . .	54	28	24
N° 3.	Témoin . . . . .	58	75	202
N° 4.	<i>Id.</i> . . . . .	51	52	178

On peut constater d'après ces chiffres que l'activité de l'absorption n'a pas fléchi beaucoup pendant les 30 premières heures chez les plantes dont les racines étaient exposées à la température de 58-59 degrés; mais, par la suite, le n° 2 a perdu sa turgescence et ses feuilles se sont fanées; la perte de poids constatée pendant les trois derniers jours est due en partie à la dessiccation de la plante.

Le n° 1 a résisté plus longtemps, mais il perdait sa turgescence au soleil pendant l'expérience.

On peut donc admettre que les racines des plantes exposées à une température élevée ont fonctionné normalement pendant vingt-quatre heures et absorbé autant de liquide que celles des plantes témoins.

Mais l'action prolongée d'une température qui s'élevait progressivement au soleil jusqu'à 60 degrés a tué les cellules des racines; l'absorption n'étant plus réglée, la plante tout entière n'a pas tardé à périr.

L'étude de l'influence de la température de 0 degré sur l'absorption a été faite sur un lot de cinq plantes, celles-ci étaient plus développées que celles qui ont servi à l'essai précédent. Elles avaient évaporé les poids de solution suivants au moment où on les a soumises à l'expérience :

N° 1 . . . . .	4.140 grammes.
N° 2 . . . . .	4.885 —
N° 3 . . . . .	4.700 —
N° 4 . . . . .	4.750 —
N° 5 . . . . .	4.715 —

La capacité des flacons de culture étant égale à 2 litres, on voit que les plantes avaient à peu près consommé leur solution nutritive; on a donc pris la précaution de remplir les flacons, puis on a déterminé l'activité assimilatrice des plantes en évaluant les pertes produites par la transpiration pendant quatre jours. Voici les chiffres qui ont été relevés :

N° 1 . . . . .	468 grammes.
N° 2 . . . . .	303 —
N° 3 . . . . .	486 —
N° 4 . . . . .	402 —
N° 5 . . . . .	255 —

Les trois premières plantes du lot ont été placées, immédia-



tement après cette détermination, dans la glace fondante, les deux dernières remplissaient le rôle de témoins.

Au bout d'une heure d'exposition au soleil, les plantes dont les racines étaient maintenues à 0 degré perdaient leur turgescence et présentaient exactement le même aspect que celui qu'on avait déjà observé au cours de la première expérience.

L'activité de l'absorption, mesurée par la perte de poids des flacons, a été évaluée chez les témoins et le n° 2 placé dans la glace fondante, d'abord à la fin des deux premiers jours d'expérience, puis au bout de vingt-quatre heures suivantes [tableau XI ci-dessous, colonnes (1) et (2)] ; la colonne 3 donne la somme des poids perdus pendant toute la durée de l'expérience, c'est-à-dire quatre jours. On n'a pas fait d'autres déterminations sur les n°s 1 et 3 afin d'éviter l'émiettement du bloc de glace où les trois flacons étaient encastrés.

Tableau XI.

	POIDS DE SOLUTION ÉVAPORÉ EN GRAMMES		
	Pendant 30 heures	Pendant 2 jours	Pendant toute la durée de l'expérience : 4 jours
	(1)	(2)	(3)
N° 1 Glace fondante . . . . .	»	»	210
N° 2 . . . . .	35	35	123
N° 3 . . . . .	»	»	118
N° 4 Témoin . . . . .	161	114	400
N° 5 . . . . .	109	95	300

Ces chiffres indiquent une diminution très nette de l'absorption à 0 degré. La température des solutions dans les flacons témoins, directement exposés au soleil et simplement protégés par un papier fort, gris à l'extérieur, noir sur la face interne, est constamment variable et suit les oscillations de la température de la véranda ; les maxima varient de 35 à 40 degrés, à l'abri du soleil, par les belles journées de juillet et les minima de 18 à 25. (Voir 3<sup>e</sup> mémoire, *loc. cit.*)

Un écart de température supérieur à 20 degrés, entre les organes aériens et les racines de la plante, détruit l'équilibre qui existe ordinairement entre l'entrée de l'eau par les racines et sa sortie par les feuilles à l'état de vapeur.

Il est vrai que la température de 0 degré est incompatible

avec la vie active de la plante; mais les racines ne sont pas mortes.

J'ai conservé, en effet, ce lot de plantes pendant quelques jours dans les conditions ordinaires, afin de suivre la reprise de la végétation; elle a été un peu lente parce que les feuilles inférieures se sont complètement desséchées; mais les racines ont produit des ramifications et se sont allongées régulièrement.

J'ai réuni dans le tableau XII les pertes de poids des flacons dues à la transpiration pendant quelques jours. Les différences observées entre les plantes traitées et les témoins doivent être attribuées à la réduction des organes assimilateurs et non à un mauvais fonctionnement des organes d'absorption.

Tableau XII.

	POIDS DE SOLUTION ÉVAPORÉ EN GRAMMES		
	le 16 juillet	le 17 juillet	du 17 au 28 juillet
Par le n° 1 . . . . .	72	135	623
Par le n° 2 . . . . .	38	48	238
Par le n° 3 . . . . .	39	69	334
Par le n° 4 . . . . .	86	156	581
Par le n° 5 . . . . .	75	135	495

On est conduit à se demander, en présence des résultats de ces diverses expériences, quelle est, parmi les multiples propriétés du protoplasme, celle qui règle l'alimentation du végétal en eau et en matières minérales.

Le réglage se fait sans difficulté aux températures les plus élevées que les racines peuvent supporter; mais il n'en va plus de même à 0 degré. Cependant l'activité des racines n'est que ralentie aux basses températures.

Il n'est pas nécessaire du reste d'abaisser la température à 0 degré, pour observer un ralentissement de l'absorption, et une perte correspondante de la turgescence chez les organes aériens (1).

De pareils accidents sont fréquents dans la nature, et leur apparition dans des conditions déterminées est si régulière

(1) La circulation de la sève à diverses températures a été étudiée par de nombreux expérimentateurs.

qu'ils doivent être considérés comme des phénomènes normaux.

On peut les observer en été sur le chou, la betterave, le blé, le trèfle violet, etc. Les feuilles perdent leur turgescence sous un soleil ardent, de 12 à 17 heures; elles pendent le long de la tige ou se penchent vers le sol comme si elles dépérissaient tout à coup. Mais si l'ombre d'un édifice ou d'un arbre se projette sur la culture, les feuilles des plantes, qu'elle abrite momentanément du soleil, se redressent vigoureusement et font avec celles de leurs voisins un contraste étonnant.

Chez les plantes insolées le travail chimique est si intense que les racines ne parviennent pas à remplacer l'eau que la transpiration enlève aux feuilles. Ce n'est pourtant pas l'eau qui fait défaut dans le sol puisque les plantes mises à l'abri des rayons du soleil reprennent aussitôt leur turgescence; c'est l'écart qui est trop grand entre la température des racines et celle des organes aériens.

Cette influence si nette de la température sur la vitesse de l'absorption m'oblige à faire un retour en arrière et à examiner une fois de plus si cette influence ne dénote pas l'intervention des phénomènes osmotiques. La loi de Gay-Lussac, relative à la pression des gaz, s'applique aussi aux substances dissoutes et, par conséquent, aux phénomènes osmotiques.

En appelant  $V_t$  et  $V_0$  les volumes qui passent à  $t$  degrés et à zéro pendant le même temps à travers les racines de deux plantes identiques végétant dans des solutions de même composition, on peut poser :

$$\frac{V_t}{V_0} = \frac{1 + \alpha t}{1} = \frac{\frac{1}{\alpha} + t}{\frac{1}{\alpha}} = \frac{273 + t}{273}$$

si l'absorption est régie par les lois de l'osmose.

En admettant que l'écart de température entre les racines placées à 0 degré et celles des plantes témoins se soit maintenu à 40 degrés pendant toute la durée de l'expérience, la relation précédente donne :

$$\frac{V_t}{V_0} = \frac{273 + 40}{273} = 1,145.$$

$V_t$  et  $V_0$  sont fournis directement par la balance. En se



reportant maintenant aux tableaux IX, p. 614 et XI, p. 617, on peut constater que le rapport  $\frac{V_t}{V_0}$  déduit de l'expérience est compris entre 2 et 4; cela prouve une fois de plus que les phénomènes osmotiques n'interviennent pas dans les échanges entre les racines et les milieux qu'elles envahissent.

L'absorption est donc régie par des forces physiques et mécaniques que la plante gouverne facilement dans les conditions normales, et la propriété du protoplasme qui joue le principal rôle dans ce travail, c'est sa motilité (1).

Les mouvements protoplasmiques expliquent d'abord l'adaptation rapide et presque instantanée du phénomène de l'absorption aux sollicitations de la plante, et comme on sait d'autre part que ces mouvements augmentent ou diminuent avec la température, on conçoit que l'activité de l'absorption se règle facilement sur les besoins de la transpiration si la température des racines s'élève en même temps que celle des organes aériens. Mais on comprend également que l'absorption soit incapable de faire face aux dépenses de la vaporisation, si l'écart entre la température du sol et celle des organes aériens est trop grand; les feuilles s'appauvrissent alors en eau et perdent leur turgescence.

#### *Influence des anesthésiques.*

Les anesthésiques sont capables, comme la chaleur, d'exalter ou d'atténuer les mouvements protoplasmiques. J'ai étudié l'action du chloroforme et celle de l'éther. C'est le chloroforme qui m'a fourni les résultats les plus réguliers, en même temps que les plus probants. L'éther s'est montré moins actif dans les conditions où je me suis placé. J'envisagerai d'abord l'action du chloroforme.

Pour la mettre en évidence j'ai placé dans de l'eau distillée renfermant des traces de chloroforme de petits cylindres de pulpe de betterave dite demi-sucrière, et j'ai évalué à des intervalles définis la quantité de sucres excrétés par comparaison avec celle qui est émise dans les mêmes conditions dans l'eau pure.

Les échanges se font donc entre la cellule et le milieu

(1) Opinion déjà ancienne (DE VRIËS. *Bol. Zeit.*, 1883, p. 4).

ambiant ; c'est, d'ailleurs, le sens de la circulation des réserves lorsqu'elles sont mises en œuvre par le végétal.

L'eau distillée chloroformée est préparée de la façon suivante : On introduit quelques gouttes de chloroforme dans 500 cent. cubes d'eau distillée stérilisée et on émulsionne par agitation. On laisse déposer quelques minutes et on prélève l'eau privée de gouttelettes de chloroforme pour la répartir dans des tubes d'eau distillée stérilisée, à raison de 1, 2, 5, 10, 25 cent. cubes par tube. Le volume d'eau stérilisée préalablement répartie dans les tubes, ajouté au volume d'eau chloroformée, donne un volume constant de 25 cent. cubes.

Dans chaque tube on introduit un cylindre de pulpe de betterave prélevé à l'emporte-pièce sur un gâteau taillé dans une racine. Ces petits cylindres de pulpe ont 1 centimètre de diamètre et, environ, 5 centimètres de long ; leur poids est voisin de 5 grammes. Ils sont préparés et répartis dans les tubes avec toutes les précautions nécessaires pour éviter la contamination, car il importe essentiellement que l'expérience se fasse à l'abri des microbes ; les traces de chloroforme que l'eau renferme ne suffisent pas à assurer l'asepsie ; le chloroforme n'est pas soluble dans l'eau.

On prépare ainsi 5 ou 6 tubes renfermant les mêmes doses infinitésimales de chloroforme, ce qui porte, avec un chiffre égal de témoins, le nombre des tubes à 30 environ pour une seule expérience.

Les tubes sont placés dans une étuve réglée à 30 degrés.

J'ai réuni dans le tableau XIII les résultats d'une expérience.

Tableau XIII.

NOMBRE DE C. C. d'eau chloroformée dans 25 c. c. de liquide	SUCRE TOTAL EXCRÉTÉ, A 30°, EN MILLIGR.	
	au bout de 48 heures	au bout de 4 jours
0 (témoin) . . . . .	77,8	181,2
1 . . . . .	127,8	193,7
2 . . . . .	155,6	270,8
5 . . . . .	362,5	288,3
10 . . . . .	404,1	354,1
25 . . . . .	366,6	279,1

Le sucre excrété est exprimé en sucre interverti, il est con-

stitué par un mélange de sucres réducteurs et de saccharose ; mais c'est ce dernier qui domine (1).

La richesse saccharine de la portion de racine employée était de 7,5 p. 100.

L'influence du chloroforme sur l'excrétion du sucre est très nette, comme on le voit ; elle se manifeste même à la vue ; les cellules se vident comme si l'eau se substituait mécaniquement au suc cellulaire ; celui-ci se réunit au fond des tubes et fait flotter les fragments de racine.

Sortis des tubes au moment où on analyse leur contenu, les cylindres de pulpe, qui étaient placés dans les liquides additionnés de 5, 10 et 25 cent. cubes d'eau chloroformée, brunissent à l'air après quarante-huit heures de séjour à l'étuve ; ils ont perdu leur turgescence ; le chloroforme a tué les cellules ; les morceaux qui baignent dans le liquide des autres tubes conservent leur turgescence et ne se colorent pas à l'air.

Les cylindres de pulpe morte se laissent pénétrer peu à peu par le suc qu'ils ont excrété ; la diffusion, à laquelle la cellule vivante oppose une barrière infranchissable, s'exerce librement entre le suc extravasé et les cellules mortes. La densité de la pulpe augmente ainsi peu à peu et les fragments retombent au fond des tubes.

Cette curieuse allure du phénomène explique la diminution du sucre excrété dans les liquides les plus riches en chloroforme après quatre jours d'exposition à 30 degrés. Dans les autres tubes le sucre éliminé augmente graduellement ; mais l'expérience poursuivie au delà de quatre jours ne donne plus des résultats aussi probants, à cause de la résorption d'une partie des sucres après la mort des cellules.

J'ai fait une deuxième expérience sur des cylindres de pulpe empruntés à une autre racine de betterave dont la richesse moyenne en saccharose était de 7,48 p. 100.

Les fragments, un peu plus longs que ceux de la première expérience, ont été pesés et soumis à l'influence du chloroforme ou de l'éther.

L'eau éthérée a été préparée de la même manière que l'eau

(1) P. MAZÉ, L'action du chloroforme se traduit aussi par une sorte d'excitation de l'activité protoplasmique qui a pour résultat d'accélérer l'inversion du saccharose. *Comptes rendus de la Soc. de Biologie*, p. 549, t. LXXVII, 1914.



chloroformée; mais comme la solubilité de l'éther est de 1 pour 12 parties d'eau, les quantités d'éther introduites dans les tubes ne sont pas négligeables; malgré cela l'influence de l'éther est moins sensible que celle du chloroforme et on n'a évalué le sucre excrété sous son influence qu'au bout de quarante-huit heures.

Les résultats obtenus sont consignés au tableau XIV.

Tableau XIV.

NOMRE DE C. C. d'eau chloroformée ou éthérée introduite dans 25 cent. cubes de liquide	POIDS des cylindres de pulpe en grammes série de 24 heures	SUCRE TOTAL excrété en 24 heures calculé en sucre interverti en milligrammes	POIDS des cylindres de pulpe en grammes série de 48 heures	SUCRE TOTAL excrété en 48 heures calculé en sucre interverti en milligrammes
<i>Chloroforme.</i>				
0 (témoin) . . .	7,00	4	7,10 (témoin).	13,3
2. . . . .	6,85	40	6,00 . . . . .	86,66
5. . . . .	6,70	64	6,55 . . . . .	133,33
10. . . . .	7,25	266,6	6,80 . . . . .	320
25. . . . .	4,30	186,6	5,70 . . . . .	253
<i>Ether.</i>				
0 (témoin). . .	»	»	7,10 . . . . .	13,3
2. . . . .	»	»	7,05 . . . . .	44
5. . . . .	»	»	6,80 . . . . .	40
10. . . . .	»	»	7,00 . . . . .	126,66
25. . . . .	»	»	6,90 . . . . .	173,3

Ces résultats sont de même sens que ceux du tableau XIII; mais ils sont un peu moins accusés.

Les anesthésiques augmentent donc la perméabilité du sac protoplasmique. Cette influence est due à une excitation qui se traduit par une accélération des mouvements du protoplasme, car l'extravasation rapide du suc cellulaire ne peut être produite que par le mouvement.

L'influence cesse avec la mort de la cellule, et à partir de ce moment, les lois de l'osmose reprennent leur empire, ainsi que le prouve l'absorption d'une partie du sucre éliminé par le cylindre de pulpe tuée.

Les résultats fournis par les témoins semblent montrer, cependant, que le sac protoplasmique n'est pas tout à fait imperméable aux substances dissoutes dans le suc cellulaire. Cela tient à deux causes: la première est que les fragments de pulpe, prélevés sur des racines conservées jusqu'au mois de

février, se comportent comme des organes mûrs capables d'entrer dans la seconde phase de leur évolution; les réserves y sont mobilisées sous l'influence des conditions favorables à la végétation; la seconde, que la pulpe immergée devient le siège d'une fermentation alcoolique, autrement dit, d'une digestion anaérobie des réserves. Les produits de cette digestion agissent comme les anesthésiques et font périr également la cellule vivante, au bout d'un temps variable avec la température.

La résorption par la pulpe morte d'une partie du sucre excrété (tableau XIII) constitue une confirmation de l'expérience directe, en montrant que la diffusion dans la matière organisée est soumise aux lois de l'osmose, lorsque le protoplasme ne s'oppose plus à leur libre jeu.

Les phénomènes osmotiques s'observent donc dans les tissus morts, et la seule constatation de leurs effets dans un tissu organisé constitue une présomption sérieuse, sinon une certitude de mort.

La perméabilité des tissus morts n'est pas modifiée par les anesthésiques.

Pour démontrer cette proposition, j'ai utilisé des fragments de pulpe de poire (variété Duchesse) mûre, mais encore ferme et sans trace de bletissement.

Le suc renfermait 11,22 p. 100 de sucres, exprimés en sucre interverti, sur lesquels 1,72 de sucre non réducteur et 9,5 de sucres réducteurs.

Les cylindres de pulpe, préparés comme je l'ai indiqué, ont été soumis à l'action du chloroforme, dans les conditions également décrites.

Dans les résultats que j'ai résumés dans le tableau XV, je n'ai tenu compte que de la diffusion des sucres réducteurs, lesquels y sont exprimés en sucre interverti.

**Tableau XV.**

NOMBRE DE C. C. d'eau chloroformée dans 25 c. c. de liquide.	SUCRES RÉDUCTEURS DIFFUSÉS, EN MILLIGR.		
	en 22 heures	en 44 heures	en 69 heures
0 témoin.	309	325	363
5. . . . .	290	343	325
10. . . . .	316	333	325
25. . . . .	302	345	321

La diffusion s'est accomplie dans tous les tubes avec la plus grande régularité, et elle était déjà complète au bout de vingt-deux heures à 30 degrés. Les cellules mortes ne sont pas sensibles à l'action du chloroforme. Ce résultat ne saurait d'ailleurs surprendre personne.

— On peut maintenant conclure en deux phrases :

L'absorption des solutions nutritives par les racines est réglée, par le protoplasme mobile des poils absorbants, suivant le travail chimique qui s'accomplit dans la plante; elle ne se fait pas, comme on l'a cru, suivant un mécanisme régi par les lois de l'osmose, car les phénomènes osmotiques ne s'observent que dans la matière organisée morte.

#### IV

RÉSUMÉ DES FAITS ACQUIS CONCERNANT LE MÉCANISME DE L'ABSORPTION.

##### EXPLICATION DU PHÉNOMÈNE.

La conclusion générale de toutes les expériences qui ont trait à l'absorption est que les racines tendent à mettre à la disposition de la plante une solution de concentration et de composition déterminée (solution physiologique).

Lorsque la composition de la solution nutritive est exactement celle de la solution physiologique, le développement de la plante se fait dans le minimum de temps, avec le maximum de rendement. La solution pénètre sans entrave dans la circulation et comme elle ne renferme aucun élément nuisible, l'élaboration de la matière végétale se fait dans les meilleures conditions.

Si la solution nutritive est plus concentrée que la solution physiologique, les racines laissent passer proportionnellement plus d'eau que de sels; le milieu se concentre. Ce résultat s'obtient facilement par la rétraction de la région externe du sac protoplasmique dont la perméabilité pour les substances dissoutes se trouve ainsi diminuée. Ce travail d'adaptation apporte une entrave à l'absorption; le développement de la plante en subit un retard sensible.



\*  
\* \* \*

Dans la nature, les végétaux trouvent rarement des conditions de milieu qui correspondent à celles que réalisent les deux cas précédents. La solution nutritive formée par l'eau d'imbibition du sol est toujours moins concentrée que la solution physiologique. C'est donc l'étude de l'absorption des solutions diluées qui est appelée surtout à élucider le mécanisme que la nature met le plus souvent en œuvre.

La règle, dans ces conditions, est l'épuisement des solutions nutritives en substances dissoutes. Les racines absorbent proportionnellement plus de sel que d'eau. J'ai assimilé ce résultat à l'absorption de l'oxygène d'une atmosphère confinée par une cellule aérobie (*loc. cit.*).

L'assimilation n'est cependant pas légitime jusqu'au bout. L'absorption de l'oxygène suppose implicitement l'intervention d'une réaction chimique de fixation; on ne peut pas admettre qu'il en va de même des substances minérales, dans leur rapport avec les poils absorbants; mais on sait, par contre, que le protoplasme peut fixer, en vertu d'une action de teinture, les substances minérales ou organiques les plus variées. Le fait peut être mis en évidence sur le protoplasma vivant au moyen de réactifs colorés. On constate alors que le protoplasme présente des affinités spécifiques de fixation. C'est par ce moyen, incontestablement, que le sac protoplasmique des poils absorbants fixe les éléments du liquide nutritif de façon à constituer la solution physiologique aux dépens de milieux très dilués. J'ai montré, en outre, que les racines empruntent aux composés insolubles du sol quelques-uns des éléments nécessaires à la préparation de cette solution physiologique.

On est conduit ainsi à distinguer deux phases dans le mécanisme de l'absorption.

La première consiste en un travail de condensation sur les parties externes du sac protoplasmique, momentanément imperméabilisé; la seconde correspond à l'absorption proprement dite, c'est-à-dire à l'admission, dans la circulation, de la « solution physiologique » préparée par condensation. L'absorption, dans certaines conditions, est un phénomène périodique.

\*  
\* \*

Quand l'un des composés solubles de la liqueur nutritive est offert à une concentration élevée par rapport à celle qu'il possède dans la « solution physiologique », le développement de la plante subit un retard qui peut être considérable.

Les résultats que j'ai mis en évidence soit avec des solutions purement minérales, soit avec des solutions sucrées, montrent clairement que le retard est dû à un ralentissement de l'absorption.

Comment peut-on interpréter, dans ces conditions, le fonctionnement des racines?

Il suffit de suivre attentivement l'évolution d'un plant de maïs dont les racines plongent dans une solution sucrée. La végétation suit son cours normal jusqu'au jour où le taux de sucre s'élevant peu à peu au-dessus des limites tolérables pour la plante, les cellules absorbantes diminuent leur perméabilité. A partir de ce moment, la transpiration baisse rapidement de jour en jour et le végétal périt de privation d'eau, dans un liquide nutritif.

Les racines ne peuvent pas s'adapter à une solution qui présente ce défaut de constitution.

\*  
\* \*

Lorsqu'enfin un élément vient à manquer dans la liqueur nutritive, la végétation se ralentit ou s'arrête, la plante vit sur ses réserves; elle n'emprunte à la solution que l'eau dont elle a besoin; elle assimile le carbone de l'air de manière à produire le maximum de matière végétale avec le minimum de cendres.

Les racines sont imperméables aux sels et perméables à l'eau seulement.

Les organes aériens présentent des symptômes bien accusés de disette minérale. Les feuilles les plus anciennes meurent à mesure que de nouvelles se forment. Ces dernières prennent une teinte claire, d'un vert fortement nuancé de jaune. Les plantes peuvent vivre d'ailleurs pendant toute la belle saison, si la disette minérale se fait sentir avant que leur poids sec ne dépasse 4 à 5 grammes.

Le résultat est le même si on prive brusquement la plante de plusieurs éléments minéraux au cours de la végétation.

\*  
\* \* \*

En résumé, le mécanisme de l'absorption repose sur deux propriétés générales du protoplasme : sa mobilité et la faculté qu'il possède de fixer les corps solubles en vertu d'un phénomène de teinture.

C'est la première que la cellule met en œuvre pour constituer un véritable filtre dont les pores peuvent se rétrécir jusqu'à l'imperméabilité complète ou se dilater jusqu'à livrer passage aux colloïdes et même aux émulsions d'huiles et de résines.

Entre ces deux extrêmes, l'adaptation jouit d'une grande marge qui peut être mise à contribution soit pour alimenter la cellule en eau pure aux dépens d'une solution nutritive, soit, vraisemblablement aussi, pour tamiser les molécules de grosseurs différentes, à la façon des cellules excrétrices du rein, par exemple.

## V

### EXPÉRIENCE SYNTHÉTIQUE.

Les notions que j'ai exposées jusqu'ici découlent directement de l'expérience; elles ont l'avantage d'être l'interprétation immédiate des faits; mais, dans le domaine de la physiologie, l'interprétation dénature quelquefois la vérité. On ne saurait donc prendre trop de précautions pour éviter de tomber dans ce travers qui conduit, de déduction en déduction, à des conceptions qui heurtent le simple bon sens.

C'est pour obéir à cette préoccupation que j'ai cherché à réaliser une expérience simple qui représente comme une mise en scène de toutes les lois relatives à la nutrition minérale des végétaux.

J'ai pris deux plants de maïs vigoureux, d'un poids voisin de 4 grammes, cultivés dans la solution de la page 607. J'ai sectionné toutes les racines à 1 centimètre environ de leur point



d'insertion sur la tige et, après avoir pesé les organes aériens à l'état frais, je les ai placés, le premier (n° 1) dans la liqueur qui l'avait alimenté jusque-là, le second (n° 2) dans l'eau distillée, en immergeant seulement la partie de la tige qui porte les tronçons de racines.

Le sectionnement des racines donnait libre passage à l'eau distillée et à la solution minérale, de sorte que, pendant quelques heures tout au moins, les organes aériens allaient être exposés à un afflux d'eau ou de solution contre lequel il ne leur restait aucun moyen de se défendre. Il s'agit de bien saisir tous les aspects des phénomènes qui vont se dérouler dans ces deux plantes et de les expliquer avec le concours des notions acquises.

Une troisième plante a été naturellement prise comme témoin.

Les plantes mises en place dans les flacons enveloppés de papier, fixées avec du coton fortement serré dans les goulots, exactement comme le témoin, sont exposées au soleil, de midi à 19 heures.

Voici maintenant, pour donner une idée de leurs poids relatifs, les quantités d'eau qu'elles avaient évaporées jusqu'au moment de l'expérience :

N° 1. . . . .	511 grammes.
N° 2. . . . .	452 —
N° 3 (témoin) . . . . .	509 —

J'ai tenu à employer des plantes peu développées, parce que celles dont le poids sec atteint 20 grammes sont déjà pourvues de réserves minérales abondantes et résistent à des opérations de ce genre au point de masquer, en grande partie, les symptômes extérieurs des phénomènes que l'on cherche à observer.

Le n° 1 a perdu sa turgescence presque à vue d'œil; le soir, à 19 heures, ses feuilles inférieures sont flétries, et celles du sommet, enroulées à l'extrémité, se penchent fortement vers le sol.

L'aspect du n° 2 diffère moins de celui du témoin; mais il présente aussi des symptômes non équivoques de perte de turgescence.

On a déterminé les pertes d'eau dues à la transpiration de midi à 19 heures; on a pesé les n<sup>os</sup> 1 et 2 à l'état frais, et on les a remis dans leurs flacons pour continuer l'expérience.

Vingt-quatre heures après, à la suite d'une très belle journée, les deux plantes paraissent définitivement flétries; elles n'avaient pas repris, d'ailleurs, leur aspect normal pendant la nuit. On a refait les mêmes déterminations que précédemment à 19 heures, c'est-à-dire après un intervalle de vingt-quatre heures exactement.

J'ai réuni dans le tableau XVI les résultats des deux séries de pesées.

Tableau XVI.

N <sup>os</sup> d'ordre	EAU ÉVAPORÉE en 7 heures en grammes	EAU ÉVAPORÉE pendant les 24 heures suivantes en grammes.	POIDS DES PLANTES A L'ÉTAT FRAIS EN GR.		
			au début	après 7 heures	après les 24 h. suivantes
1	10	8	33	34,5	31
2	10	19	26	29	26
3	2½	39	»	»	»

Conservées pendant plusieurs jours dans les conditions précédentes, les deux plantes privées de racines ont continué de vivre; mais elles ont perdu leurs feuilles inférieures, en présentant tous les signes extérieurs d'une disette minérale.

Les feuilles terminales ont repris peu à peu leur turgescence, puis de nouvelles feuilles se sont formées très lentement. L'évolution de ces feuilles a coïncidé avec l'apparition de nouvelles racines adventives, parties des nœuds le plus rapprochés du liquide.

On a déterminé les pertes d'eau produites par la transpiration à des intervalles de huit et douze jours et on a obtenu les chiffres suivants :

	8 JOURS	12 JOURS
N <sup>o</sup> 1. . . . .	68	90
N <sup>o</sup> 2. . . . .	89	146
N <sup>o</sup> 3. . . . .	526	503

Ces chiffres montrent que les plantes, privées de racines, ont repris une certaine activité; mais, contrairement à ce qu'on

aurait pu supposer, c'est l'eau distillée qui a nui le moins au progrès de la végétation ; mais nous n'aurons pas de peine à en trouver la raison.

Les faits que je tenais à mettre en évidence sont ceux qui ont été observés pendant les sept premières heures de l'expérience. On sait, en effet, que les vaisseaux sectionnés se ferment rapidement chez les végétaux vigoureux, grâce à la formation d'un bouchon de matières pectiques ; on peut donc supposer que les résultats observés le jour suivant sont dus à l'obturation plus ou moins complète des vaisseaux.

Ce travail de cicatrisation n'était pas sensible sept heures après le début de l'expérience, puisque les plantes étaient plus lourdes à ce moment qu'au début.

Cela prouve que la perte de turgescence peut s'observer lorsqu'il y a enrichissement des tissus végétaux en eau, et si la transpiration a diminué, ce n'est pas parce que le liquide n'a pu affluer dans toutes les parties du végétal, mais bien parce que le travail chimique de la plante a été considérablement diminué sous l'influence des conditions qui lui ont été imposées.

Le n° 1 ne pouvait plus constituer sa solution physiologique, puisque les éléments terreux insolubles, que les excréations des racines dissolvent dans les conditions normales, lui faisaient entièrement défaut ; c'est donc une solution incomplète et, par conséquent, nuisible qui a pénétré dans tous ses tissus, paralysant l'activité des cellules et provoquant la perte de turgescence par intoxication, même en présence d'un excès d'eau. Cet état s'est aggravé par la suite, parce que la plante intoxiquée a mis plus de temps à former son tissu cicatriciel et à produire de nouvelles racines.

Les tissus du n° 2 ont été envahis par l'eau distillée. La différence avec la solution physiologique est grande, et comme les tissus de réserves non encore développés ne pouvaient pas céder au courant d'eau ascendant les éléments qui lui manquaient pour constituer la sève normale, l'activité des feuilles s'est considérablement ralentie ; mais cette plante a réagi plus rapidement que le n° 1, et elle s'est montrée par la suite constamment plus active.

Il faut remarquer, en effet, que la plante n° 1 s'est trouvée en présence d'une solution incomplète tant que ses racines n'ont pas atteint le dépôt insoluble du fond du flacon.

On voit ainsi que cette expérience bien simple permet d'abord de saisir sur le vif les accidents dus à l'ablation complète des racines, et ensuite d'en fournir une interprétation satisfaisante en s'appuyant sur les faits que j'ai établis; mais je ne vois pas bien comment on aurait pu en découvrir les causes, en se référant aux théories en cours.

(*A suivre.*)



**LA TUBERCULOSE DU PORC**  
**ÉPIDÉMIOLOGIE**  
**PATHOGÉNIE ET ÉVOLUTION COMPARÉES**

par P. CHAUSSÉ.

Suite et fin (1).

**VI. — VOIE AÉRIENNE DIRECTE.**

Chez le porc, la voie aérienne directe est très rarement utilisée; cependant nous avons rencontré une demi-douzaine de cas non douteux dans lesquels la maladie revêtait le type respiratoire; on sait que ce dernier est la règle chez l'homme et le bœuf.

Dans la tuberculose porcine d'origine respiratoire il existe une lésion pulmonaire primitive unique, ou tout au plus un petit nombre de lésions semblables. Cette lésion primitive est lobulaire, prismatique, souvent à base pleurale; elle est composée d'un bloc broncho-pneumonique partiellement caséeux.

Les ganglions cervicaux et mésentériques sont indemnes.

La localisation pulmonaire primitive a toujours déterminé, au moment de l'examen, une adénopathie caséuse dans les ganglions correspondants de l'organe. Pathogéniquement la lésion pulmonaire est identique à celle de l'amygdale et l'adénopathie thoracique est superposable à celle des ganglions maxillaires dans le cas d'infection par la voie cervicale.

A partir de l'adénopathie pulmonaire, le virus est déversé également dans la circulation veineuse et les divers degrés de la généralisation sont semblables à ceux observés dans les formes précédentes. Bien entendu, lorsque la généralisation est récente, on peut reconnaître dans le poumon la lésion pri-

(1) Voir les *Annales*, numéro de novembre 1913, p. 536.

mitive, véritable chancre d'inoculation, et la distinguer des tubercules dus à la bacillémie, car ces derniers sont petits, sphériques, nombreux en général, uniformément disséminés et beaucoup moins développés que la lésion initiale; de plus, le foie, la rate, et parfois les autres tissus, sont intéressés par une bacillémie tant soit peu intense.

\*  
\* \*

## VII. — TUBERCULOSE DE CASTRATION.

Signalée en Allemagne par divers auteurs (Meyer, Lohoff, Tempel, Michäel, Jahn, Müller, Strätz, Wyssmann), la tuberculose de castration semblait être inconnue en France; or, pendant ces dernières années, il nous a été donné d'en recueillir cinq cas sur environ 400 observations de tuberculose porcine; mais, avant de la connaître, nous croyons avoir méconnu plusieurs cas de cette intéressante forme de la maladie. Nos cinq observations concernaient des animaux mâles de six à huit mois; l'une était encore à son premier stade; les quatre autres étaient généralisées à divers degrés.

La tuberculose de castration est reconnaissable en ce qu'il existe dans la région testiculaire des lésions prédominantes et de caractères plus anciens que dans les viscères. On trouve généralement des tubercules sous-cutanés au niveau de la cicatrice de castration ou dans la cicatrice elle-même; pour les animaux venant de l'Ouest de la France, opérés par un procédé empirique excellent et que nous avons nous-même utilisé, il convient de rechercher cette cicatrice tout à fait en arrière du scrotum, à quelques centimètres de l'anus, la castration du mâle étant faite en repoussant préalablement le testicule vers l'orifice anal. Ces tubercules cutanés ou sous-cutanés sont petits, durs, caséo-calcaires, avec une enveloppe fibreuse résistante; quelques-uns se développent en plein tissu adipeux sous-cutané.

De la cicatrice partent deux tractus fibreux qui se dirigent vers les anneaux inguinaux et qu'un examen attentif permet de reconnaître comme étant les gaines vaginales atrophiées; si on les ouvre longitudinalement par une incision on y trouve le

plus souvent, au moins dans l'une d'elles, d'autres granulations caséuses enveloppées de tissu fibreux rose et qui sont à divers états de développement.

Les ganglions régionaux, c'est-à-dire les ganglions inguinaux pour les lésions cutanées et sous-cutanées, et les ganglions iliaques pour la gaine vaginale, sont fortement hypertrophiés et caséux.

Le plus souvent, il y a prédominance d'un côté ou unilatéralité des lésions cutanées, vaginales et ganglionnaires, car l'inoculation a des chances de se faire inégalement par chaque plaie de castration ou exclusivement par l'une d'elles.

Dans un cas nous avons constaté que la cicatrice de castration ne contenait pas de lésions tuberculeuses, tandis que la gaine vaginale en renfermait un grand nombre; conséquemment les ganglions inguinaux n'étaient pas tuberculeux, mais les ganglions iliaques, en rapport avec la séreuse testiculaire, étaient fortement caséifiés. Dans les conditions réalisées au moment de la castration il est possible, en effet, que l'inoculation ait lieu dans la gaine vaginale, sans toucher aux téguements ni à l'incision, et que cette incision se referme assez tôt pour ne pas être infectée.

A partir des ganglions iliaques les lésions se propagent par continuité aux ganglions sous-lombaires.

Dans la tuberculose de castration on est frappé, en outre, de ce fait que les ganglions cervicaux et mésentériques ne sont pas tuberculisés.

Dans l'une de nos observations la maladie s'était étendue au péritoine, à partir de la séreuse testiculaire, soudant entre eux les replis séreux, les anses intestinales et les divers organes; au niveau des adhérences viscérales on remarquait de petites granulations caséuses.

Une seule fois, la maladie était encore localisée à la plaie de castration, à la séreuse vaginale et aux ganglions inguinaux et iliaques; l'inoculation au cobaye démontra qu'il s'agissait bien de tuberculose. Quatre fois il y avait des lésions de généralisation; mais, conformément aux règles que nous avons indiquées, l'origine de l'infection était encore facile à reconnaître.

A partir des ganglions iliaques et sous-lombaires le virus est conduit dans le canal thoracique; les conditions sont, dès

lors, identiques à celles réalisées dans la tuberculose d'origine quelconque : cervicale, intestinale, aérienne directe. En dehors des lésions primitives, qui peuvent différer selon les cas et selon les espèces, toutes les formes de la tuberculose spontanée arrivent, en effet, à la généralisation par le même mécanisme et tendent à se confondre à partir de ce moment ; mais, dans les limites ordinaires de la vie des animaux, la distinction de la porte d'entrée reste assez longtemps possible pour la plupart des cas.

Les lésions de généralisation dues à la tuberculose de castration sont donc exactement celles que nous avons indiquées pour la tuberculose d'origine cervicale.

\*  
\* \* \*

#### VIII. — TOPOGRAPHIE D'ENSEMBLE DES LÉSIONS TUBERCULEUSES PORCINES.

Nous venons de décrire principalement les altérations tuberculeuses rencontrées chez des animaux âgés de six à huit mois au moment de l'abatage ; sauf exceptions assez rares, la maladie n'a eu jusqu'à cet âge aucune influence sur l'état général.

Chez les sujets d'un à deux ans, ou davantage, on peut évidemment rencontrer des états pathologiques beaucoup plus avancés : il y a une destruction plus ou moins complète des organes, poumon, foie, rate, par une véritable floraison de tubercules d'âges divers, de la pleurésie et de la péritonite tuberculeuses, des ostéites et des adénopathies généralisées ; ces dernières sont susceptibles de se ramollir et de s'ouvrir à l'extérieur ; c'est la scrofulose la plus étendue.

Dans les abattoirs la tuberculose porcine est observée, en général, aux premiers stades seulement, parce que presque tous les sujets sacrifiés n'ont que six à dix mois. Voici le relevé des localisations tuberculeuses, rapporté à 100 cas, chez des animaux de cet âge, sans aucune distinction relative au mode d'infection. Cette topographie d'ensemble n'a d'autre avantage que de montrer la susceptibilité relative de chaque tissu en présence du bacille.



Amygdales staphylines (1). . . . .	32	Ganglions poplités . . . . .	7
Ganglions maxillaires . . . . .	83	— sous-lombaires (6) . . . . .	13
— prépectoraux . . . . .	9	— axillaires . . . . .	1
— préscapulaires . . . . .	8	— rénaux (6) . . . . .	8
— sus-sternaux (2) . . . . .	11	Foie . . . . .	46
— mésentériques (3) . . . . .	44	Ganglions du foie (7) . . . . .	52
Poumon (4) . . . . .	65	Rate . . . . .	31
Ganglions pulmonaires (4) . . . . .	60	Reins . . . . .	3
— inguinaux (5) . . . . .	11	Tuberculose osseuse . . . . .	10
— iliaques . . . . .	14	Plèvre . . . . .	4
— cruraux . . . . .	5	Péritoine . . . . .	4

De ces chiffres il résulte que, par ordre de fréquence, les tissus les plus atteints sont : les ganglions maxillaires, le poumon et ses ganglions, le foie et ses ganglions, les ganglions mésentériques, la rate, la moelle osseuse et les divers ganglions; les reins sont très rarement lésés, au moins chez les jeunes sujets et à l'examen macroscopique.

\*  
\* \*

#### IX. — ÉTUDE HISTOLOGIQUE DES LÉSIONS ET SPÉCIALEMENT DE CELLES DU POUMON.

Pour plus de clarté dans la description des formes de la tuberculose porcine, nous avons passé sous silence les caractères histologiques des lésions.

(1) Ces lésions, lorsqu'elles sont peu développées, sont difficilement découvertes; il est probable qu'avec l'examen microscopique systématique et par l'inoculation au cobaye on en démontrerait constamment l'existence.

(2) Les ganglions sus-sternaux sont atteints secondairement, par rapport aux lobes pulmonaires antérieurs (sommets), ou à la plèvre ou aux lésions du sternum.

(3) La tuberculose des ganglions mésentériques est généralement moins prononcée que celle des ganglions maxillaires.

(4) Dans les cas récents, il arrive que le poumon contient quelques tubercules peu développés et que les ganglions annexes sont apparemment indemnes; cela se conçoit puisque le bacille apporté par le sang s'arrête d'abord dans le parenchyme respiratoire.

(5) Les lésions de ces ganglions sont parfois en rapport avec la tuberculose de castration.

(6) Les lésions des ganglions sous-lombaires et rénaux peuvent être dues à des altérations osseuses ou rénales ou à la propagation directe de la tuberculose de castration, de l'infection mésentérique ou péritonéale.

(7) Contrairement à ce qui est observé pour le poumon, lorsque la généralisation est récente, on trouve plus souvent des tubercules des ganglions hépatiques que du foie lui-même; cela n'infirmé pas la règle; le foie ne se prête pas à la palpation à cause de sa consistance, d'où il résulte qu'il est difficile d'y découvrir des tubercules peu nombreux et peu développés; très généralement, ce seront donc les ganglions qui témoigneront de l'infection de la glande à l'examen macroscopique.

D'une manière générale, ces lésions diffèrent de celles du bœuf en ce que la transformation épithélioïde est moins nette, les cellules de ce type ne sont pas caractéristiques; elles ressemblent surtout aux cellules conjonctives étoilées et anastomosées; les cellules géantes sont moins développées et moins nombreuses que chez le bœuf. La caséification est identique dans son essence; elle consiste dans la dégénérescence granulo-graisseuse des éléments du tubercule et en la fragmentation puis la dissolution des noyaux. Le centre caséux présente des formations hémateïnophiles qui indiquent le début de la calcification. Les bacilles sont toujours très peu nombreux dans les lésions porcines.

Nous avons coupé des tubercules pulmonaires à divers âges. Les plus récents sont des tubercules de généralisation dans la presque totalité des cas puisque la maladie pulmonaire primitive est exceptionnelle; or on constate, fait qui est également vrai pour le bœuf, qu'au moment où il est possible d'observer les tubercules pulmonaires les plus jeunes, ils sont trop développés pour qu'on puisse reconnaître histologiquement leur origine vasculaire. Dès ce moment, ce sont de petits foyers pneumoniques, ou plus exactement de petits noyaux d'aspect sarcomateux avec épithélioïdisation centrale dont le centre est plus clair que la périphérie, à siège intralobulaire, ne possédant aucun rapport spécial avec les bronches ou les vaisseaux. Au cours de leur développement, ces lésions détruisent par substitution les alvéoles pulmonaires les plus voisins (fig. 48); un peu plus tard, la caséification apparaît avec formation de blocs hémateïnophiles.

Les gros tubercules comprennent un ou plusieurs lobules, une masse caséuse centrale, une portion moyenne épithélioïde avec cellules géantes, une enveloppe fibreuse, embryonnaire dans sa portion interne.

De même que chez le bœuf, des communications s'établissent précocement avec les divisions bronchiques qui, par suite du développement des tubercules, sont nécessairement englobées dans la masse. La tuberculose pulmonaire est donc de très bonne heure ouverte dans les voies aériennes, bien que les lésions soient d'origine sanguine.

Au voisinage des lésions, même récentes, le retentissement

sur les voies lymphatiques est facilement observé; il y a tout au moins infiltration leucocytaire des cloisons conjonctives intra- ou interlobulaires. Le plus souvent, il existe des amas

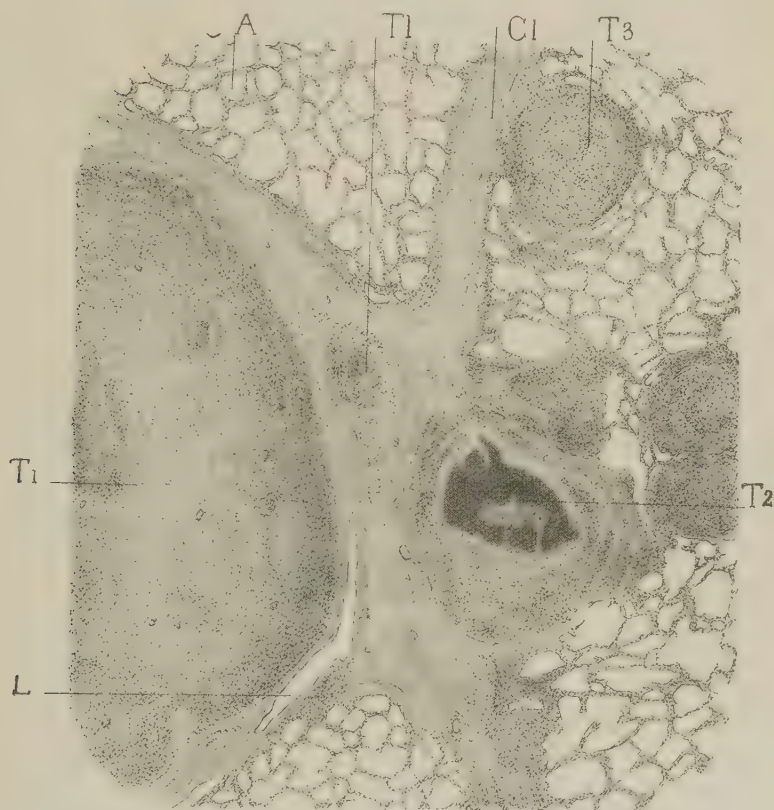


FIG. 18. — Coupe des lésions pulmonaires.

Cl, cloison conjonctive interlobulaire; A, alvéoles normaux; L, fente lymphatique dans une cloison; T1, gros tubercule pulmonaire dont on n'aperçoit que la portion périphérique; T2, tubercule plus jeune avec bloc hémateino-phile; T3, tubercule non encore caséueux développé dans les alvéoles; T1, tubercule développé dans un vaisseau ou espace lymphatique de la cloison. Grossissement environ 20 D.

de leucocytes dans les capillaires lymphatiques, les espaces conjonctifs et les fentes lymphatiques. Si les lésions pulmonaires sont déjà anciennes de deux mois environ, il y a des tubercules caséeux dans ces voies ou espaces lymphatiques (fig. 18 et 19).

C'est dans l'angle séparant les lobules, sous la plèvre, que l'on peut le mieux observer les lymphangites tuberculeuses : les vaisseaux blancs sont obstrués par des amas leucocytaires au milieu desquels on peut reconnaître des cellules épithélioïdes et géantes, et parfois des parties caséuses.

Ce sont là les altérations des lymphatiques partant de la

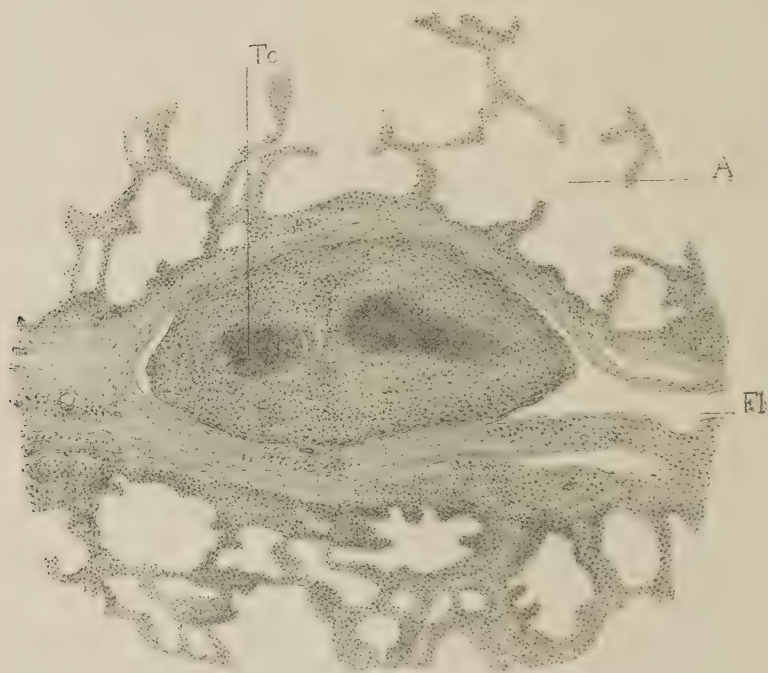


FIG. 19. — *Tubercule caséux développé dans une fente lymphatique interlobulaire.*

A, alvéoles pulmonaires; Fl, fente lymphatique; Tc, tubercule caséux. Grossissement environ 60 D.

périphérie du lobule pour se diriger vers la plèvre, et, de là, en cheminant sous la séreuse, vers les ganglions pulmonaires.

Mais il y a d'autres voies lymphatiques qui partent du lobule en longeant les vaisseaux et les bronches pour se terminer également dans les ganglions pulmonaires; ces dernières, étudiées par Pierret et Renaut, sont également touchées par le virus. A proximité des foyers pulmonaires, on remarque, en effet, la formation de tubercules dans les tissus





FIG. 20. — *Lésions des lymphatiques dans l'angle compris entre la plèvre et deux lobules voisins.*

Al, tissu pulmonaire sain; T, tissu pulmonaire tuberculeux; P, plèvre; A, artère; L, vaisseau lymphatique; I, infiltration leucocytaire dans le tissu conjonctif sous-pleural; Tl, lymphangite tuberculeuse avec obstruction du vaisseau. Grossissement environ 20 D.



FIG. 21. — *Tubercules développés dans le tissu péribronchique intra-lobulaire.*

A, alvéoles; B, bronche; Cl, cloison conjonctive; Ar, artère; V, veine; T, tubercules péribronchiques. Grossissement environ 20 D.

péribronchique et périvasculaire et leur siège ne peut être que dans les capillaires d'origine des vaisseaux ci-dessus (fig. 20 et 21); ces tubercules ne présentent aucun caractère particulier.

Les adénites tuberculeuses porcines n'ont pas de caractères

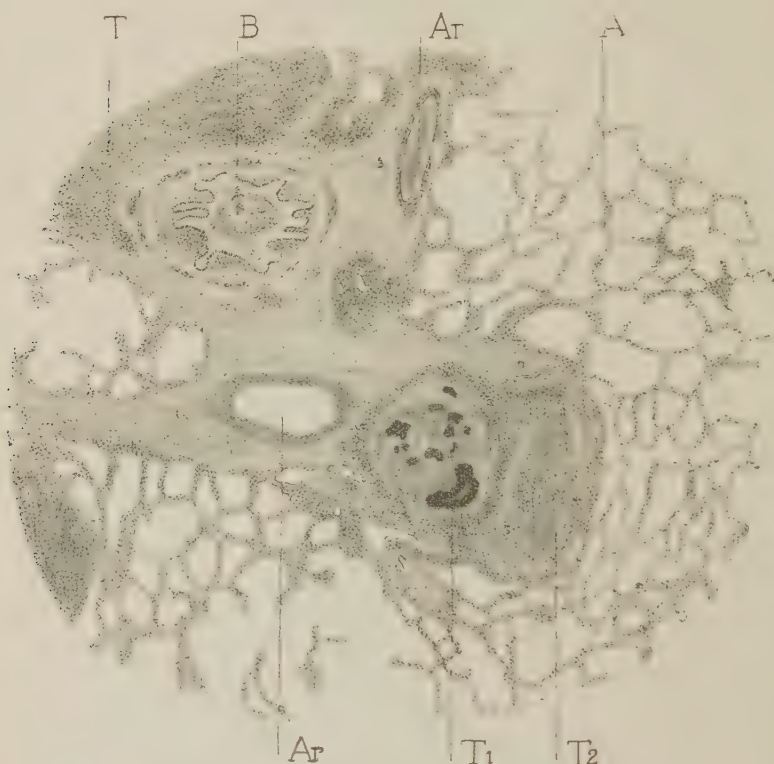


FIG. 22. — Tubercules développés dans le tissu périvasculaire du lobule.

T1, tubercule caséux avec blocs hématéinophiles; T2, tubercule au début de la caséification; T, tissu pulmonaire tuberculeux; Ar, artère; B, bronche. A, alvéoles pulmonaires sains. Grossissement environ 20 D.

spéciaux au point de vue histologique; les lésions débutent par la substance corticale pour envahir ensuite tout l'organe.

La plèvre est inoculée surtout par les lésions pulmonaires superficielles, quelquefois par les lésions ganglionnaires. Le péritoine est inoculé par les tubercules du foie, de la rate, des ganglions mésentériques ou des ganglions iliaques dans le cas de tuberculose de castration, ou encore par continuité avec

la gaine vaginale dans ce dernier cas; dans les cavités séreuses les altérations se propagent par continuité.

\*  
\* \*

X. — COMPARAISON DE LA TUBERCULOSE PORCINE  
AVEC CELLE DES AUTRES ESPÈCES,  
SPÉCIALEMENT AU POINT DE VUE PATHOGÉNIQUE; CONCLUSIONS.

Nous avons indiqué, à propos des lésions pulmonaires, les principales différences histologiques qui existent entre la tuberculose porcine et celle du bœuf; nous avons dit également, à propos des lésions des ganglions maxillaires, que la tuberculose porcine ne revêt pas, dans le système lymphatique, le type nodulaire si net dans le plus grand nombre des cas de tuberculose bovine; dans les organes principaux (poumon, foie, rate), les lésions constituent, au contraire, et pendant longtemps, de petites tumeurs sphériques qui sont de véritables tubercules (fig. 14).

Dans la participation des organes et tissus, il existe quelques particularités intéressantes que nous devons signaler. C'est le poumon, le foie et la rate qui traduisent le mieux la généralisation porcine et qui la traduisent simultanément dès que l'infection est quelque peu intense. Il faut noter la rareté des lésions rénales; ces lésions sont également assez rares chez l'homme, le bœuf, le chien, le cobaye, tandis que chez le lapin, au contraire, la généralisation paraît avoir son maximum d'action sur les organes de la dépuration urinaire; c'est chez le porc et le cobaye que le virus tuberculeux a le moins d'affinité pour le rein.

La réceptivité de l'organisme du porc pour le virus tuberculeux nous paraît être la plus grande qui existe: toutes les tuberculoses évoluent dans cette espèce; on n'y trouve pas de lésions enkystées, comme le cas est fréquent chez l'homme et le bœuf; pas de lésions latentes. Relativement rare chez l'homme, rare chez le bœuf, ou tout au moins tardive d'après l'examen macroscopique, la généralisation est la règle chez le porc quelques mois au plus après l'infection. Cette généralisation qui, chez l'homme et le bœuf, donne le plus souvent un

petit nombre de tubercules hépatiques mal développés, qui épargne la plupart des ganglions périphériques, et souvent la rate, les reins et même le foie, frappe simultanément et à un haut degré, dans l'espèce porcine, le poumon, le foie et la rate.

Les lésions ganglionnaires périphériques et les tubercules osseux sont particulièrement fréquents chez les suidés; si la survie était suffisante, la plupart, sinon la totalité de ces derniers, seraient atteints de fortes et de multiples lésions des corps vertébraux (mal de Pott).

Il faut noter encore ce fait que les ganglions régionaux, pour les principaux organes, répondent constamment à l'infection parenchymateuse; on ne peut compter pour des faits négatifs ceux dans lesquels les lésions ganglionnaires n'ont pas eu le temps de se former, parce que l'infection parenchymateuse est récente.

Chez le porc il n'y a pas de formes de régression, pas de transformation fibreuse; or on observe ces formes même chez le cobaye infecté par inhalation de virus humain; il semble que pour le porc la maladie marche toujours de l'avant. La caséification est très précoce en général; autour des tubercules pulmonaires on trouve une zone congestive qui témoigne de l'intensité du travail inflammatoire. Lorsqu'il existe de la tuberculose pleurale ou péritonéale, on a l'impression d'une éruption rapide de tubercules caséux.

Chez le porc, les divers tissus sont plus aptes à la culture du virus que chez les autres animaux, exception faite pour les reins. L'extension des lésions par continuité est parfois remarquable en ce sens, qu'à partir d'un ganglion, par exemple, le tissu conjonctif, puis les tissus glandulaires, musculaire, osseux, sont envahis et deviennent le siège de tubercules nombreux.

Ces diverses constatations concourent à nous démontrer que la sensibilité du porc est la plus grande en face de l'infection; comme ses tissus réagissent aisément par des altérations visibles, nous dirons aussi que c'est un organisme peu apte à créer des lésions occultes avec des bacilles de virulence normale. Nous croyons même que cette sensibilité spéciale des tissus explique seule les différences qui précèdent : en d'autres



termes que, pour une bacillémie d'intensité donnée, réalisée chez le porc, le chien, le bœuf tuberculeux, le premier répondra par des lésions nombreuses du poumon, du foie et de la rate; les autres résorberont la plus grande partie, sinon la totalité du virus, et ne traduiront l'infection sanguine que par un petit nombre de lésions viscérales. Des expériences sur le cobaye, le lapin et le chien, par injection intraveineuse de bacilles, nous ont montré, en effet, que la plus grande partie des microbes sont détruits chez ces animaux et que c'est le petit nombre qui donne lieu à la formation de tubercules viscéraux; avec de faibles doses, tout est phagocyté chez le lapin et le chien. (*Revue de la tuberculose*, février 1913.)

Que faut-il penser, enfin, du mode d'infection observé chez le porc? Tandis que l'homme, le bœuf, le chien sont habituellement infectés par inhalation, le porc est tuberculisé à peu près exclusivement par la voie amygdalienne et lymphatique cervicale. C'est que les conditions d'apport de la matière infectante, soit avec les aliments, soit avec l'air atmosphérique, sont absolument différentes; dans l'appartement et dans l'étable, il existe une grande quantité de poussières en suspension aérienne qui sont partiellement virulentes lorsqu'un ou plusieurs sujets tuberculeux y séjournent; les porcheries sont, au contraire, des locaux humides, peu poussiéreux, et les animaux sacrifiés jeunes n'ont pas le temps de présenter des tuberculoses pulmonaires susceptibles de contaminer le milieu. Sauf pendant les premiers mois de la vie, la nourriture du bœuf est entièrement végétale, par conséquent non bacillaire; pour l'espèce humaine, cette nourriture est choisie et stérilisée en cas de doute; le porc ingère, au contraire, pendant toute son existence, des laits mélangés, donc plus souvent bacillaires et non stérilisés. Tandis que pour l'homme et le bœuf toutes les conditions sont favorables à l'infection par inhalation, pour le porc elles concourent à la transmission par ingestion; dans l'espèce porcine, la contagion d'un animal à l'autre doit avoir, d'autre part, un rôle à peu près négligeable.

Le porc n'est pas à proprement parler infecté par le tube digestif, car la pénétration a lieu le plus souvent par les amygdales, et vraisemblablement le traumatisme a un grand rôle dans la réussite de l'inoculation; aussi, ne nous semble-t-il pas

possible de donner cet exemple pour prouver l'aptitude de la voie digestive à l'absorption du virus tuberculeux.

Pour que cet argument fût valable, il faudrait encore que les lésions initiales chez l'homme, le bœuf et le porc fussent superposables. Or, tandis que chez les deux premières espèces nous trouvons au début un tubercule pulmonaire caséeux broncho-pneumonique, avec un ganglion caséeux correspondant, nous avons chez le porc une lésion amygdalienne avec un ganglion maxillaire caséeux, et rien au poumon. Nulle identification et nulle conclusion par assimilation ne sont donc possibles : dans la règle, *les poumons humain et bovin sont initialement lésés, le poumon du porc est atteint, au contraire, au moment de la généralisation.*

Mais, au point de vue pathogénique général, une conclusion intéressante doit cependant être tirée de cette comparaison ; dans l'un et l'autre cas, nous enregistrons la lésion de pénétration par la surface épithéliale et l'adénopathie régionale corrélative ; il en est de même lors de tuberculose porcine inoculée par la plaie de castration ; d'où il suit que *la tuberculose du porc est bien l'un des meilleurs exemples que l'on puisse donner à l'appui de la loi des réactions locales et lymphatiques* que nous défendons depuis plusieurs années ; mais, loin de nous confirmer l'origine digestive habituelle des tuberculoses humaine et bovine, elle l'infirmes en ce sens que *des tuberculoses anatomiquement différentes au début ne peuvent avoir été contractées par la même voie.* De plus, la tuberculose porcine ne montre pas que l'intestin est spécialement apte à se laisser pénétrer par le virus, puisque, dans une espèce aussi réceptive et lors d'ingestion virulente, ce sont les amygdales qui sont lésées le plus fréquemment et au maximum, et non pas l'intestin ; la susceptibilité de celui-ci est donc toute relative.

Remarquons, enfin, car nous en avons ici un nouvel et merveilleux exemple, combien les tuberculoses, quel qu'en soit le point de pénétration, sont superposables dans leurs étapes ; à la vérité, la tuberculose par voie bucco-pharyngienne (porc) est pathogéniquement identique à la tuberculose intestinale primitive ; cette dernière ne pénètre-t-elle pas, probablement d'une manière exclusive selon nous, par les plaques de Peyer et les follicules clos isolés, véritables amygdales intestinales ?

A notre avis, la raison en est que les mêmes conditions étiologiques passives se trouvent réunies dans le pharynx et l'intestin : cette cause est la stase bacillaire accidentelle dans les cryptes conduisant aux follicules lymphatiques. Un grand nombre de cas de tuberculose gastrique sont eux-mêmes ainsi réalisés, c'est-à-dire qu'ils débutent par les follicules clos de la muqueuse stomacale.

En résumé, *la tuberculose porcine est le type de la tuberculose d'origine bucco-pharyngienne* ; par comparaison, nous dirons que *les tuberculoses humaine et bovine sont généralement des types de tuberculose d'inhalation*. Dans chacune de ces espèces, la proportionnalité des modes d'infection varie avec les conditions d'apport de la matière infectante.

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- BONGERT. — *Rapport au VIII<sup>e</sup> Congrès international de médecine vétérinaire*. Buda-Pesth, 1905.
- BORGEAUD. — *Progrès vétérinaire*, 1897, n<sup>o</sup> 4, p. 49.
- P. CHAUSSÉ. — *La tuberculose de castration chez le porc* (avec bibliographie) ; *Recueil de médecine vétérinaire*, 15 octobre 1910 ; — *Revue pratique des abattoirs*, du 25 février 1912.
- EASTWOOD et GRIFFITH. — *The Lancet*, 2 mai 1914.
- HAFFNER. — *Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene*, 1907-1908, p. 7.
- JUNACK. — *Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene*, 1906-1907, p. 164.
- LANGRAND. — *Hygiène de la viande et du lait*, 1908, p. 537.
- LUNGWITZ. — *Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene*, 1896-1897, p. 217.
- MENDOZA. — *Revue générale de médecine vétérinaire*, 1906, t. VIII, p. 280.
- MOHLER et WASBURN. — *The veterinary Journal*, janvier 1908, p. 14.
- MOORE et DAWSON. — *Bureau of animal Industry*, 1897.
- MOROT. — *Journal de médecine vétérinaire*, 1909.
- MOULÉ. — *Bulletin de la Société centrale de médecine vétérinaire*, 1889.
- MÜLLER. — *Annales de médecine vétérinaire*, 1907, p. 358.
- MÜLLER. — *Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene*, mai 1903.
- NIEL. — *Recueil de médecine vétérinaire*, 15 février 1895.
- NOCARD. — *Bulletin de la Société centrale de médecine vétérinaire*, 1889, p. 456.
- OSTERTAG. — *Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene*, 1893, p. 1 ; — *Handbuch der Fleischbeschau*, Berlin, 1902.
- PETERSEN. — *Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene*, avril 1909, p. 254.
- RIECK. — Cité par Ostertag, in *Handbuch der Fleischbeschau*, 1902, p. 646.
- STRÖSE. — *Deutsche tierärztl. Woch.*, 1897, p. 239.
- STUBBE. — *Annales de médecine vétérinaire*, 1893.
- H. VALLÉE et P. CHAUSSÉ. — *Bulletin de la Société d'études scientifiques sur la tuberculose*, février 1909 ; — *Revue générale de médecine vétérinaire*, 15 février 1909.
- VEYSSIÈRE. — Cité par Strauss dans *La tuberculose et son bacille*, 1895, p. 342.
- VILLAIN et BASCOU. — *Manuel de l'inspecteur des viandes*, Paris, 1888.
- VÖLKEI. — *Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene*, 1892-1893, p. 199.
- WILBRANDT. — *Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene*, 1893-1894, p. 48.
- ZCHOKKE. — *Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene*, 1896-1897, p. 84.





## TABLE DES MATIÈRES

---

Les leishmanioses chez les animaux, par A. LAVERAN ( <i>suite</i> ) . . . . .	1
Adaptation des microbes (ferment lactique) au milieu, par Charles RICHET . . . . .	22
Essais d'immunisation des petits rongeurs contre les paratyphiques naturellement pathogènes pour ces animaux, par J. DANYSZ et Z. SKRZYNSKI. . . . .	55
Les leishmanioses chez les animaux, par A. LAVERAN ( <i>suite et fin</i> , avec les planches I et II). . . . .	71
Deux épidémies de fièvre typhoïde. Vaccinations antity- phiques au virus sensibilisé vivant de Besredka, par J. BALLEAU, M. CIUCA et D. COMBIESCU. . . . .	105
Troisième note sur la conservation des « toxines solubles », par MORAX. . . . .	115
La prétendue destruction des bacilles de Koch dans le péritoine des cobayes tuberculeux, par Ét. BURNET. . . . .	119
L'acide butyrique et la sclérose, par George E. COLEMAN (avec la planche III). . . . .	139
L'influence des acides sur l'activité de la maltase dialysée, par W. KOPACZEWSKI . . . . .	157
Études sur le Vibrion septique et le <i>Bacterium Chauvæi</i> , par M. NICOLLE, E. CÉSARI et M <sup>lle</sup> A. RAPHAEL. . . . .	165
Sur l'action favorable exercée par le manganèse sur la fermentation acétique, par Gabriel BERTRAND et Robert SAZERAC . . . . .	178
Sur le séro-diagnostic de la tuberculose, par E. DEBAINS et F. JUPILLE. . . . .	182
Recherches sur la fixation des toxines par les leucocytes, par KOBZARENKO. . . . .	190
Sur la résistance des poules à l'infection par le <i>Spiro- chæta gallinarum</i> après thyroïdectomie ou splénecto- mie, par L. LAUNOY et M. LÉVY-BRUHL. . . . .	213

Sur la virulence des bacilles tuberculeux, par Ét. BURNET.	224
Études sur la ricine. — V. Sur le sort de la ricine (toxine et agglutinine) pendant la germination des graines de ricin, par H. AGULHON. . . . .	237
Études épidémiologiques et prophylactiques du paludisme. Onzième et douzième campagnes en Algérie en 1912 et 1913, par Edmond SERGENT et Étienne SERGENT. . . . .	249
Vaccinations antirabiques à l'Institut Pasteur en 1913, par Jules VIALA. . . . .	258
Contribution à l'étude de l'action du radium et de son émanation sur la germination des végétaux supérieurs, par Henri AGULHON et Thérèse ROBERT (avec les planches IV et V). . . . .	261
Quand et comment apparaît la sensibilité à la tuberculine? par Ét. BURNET. . . . .	274
Sur une prétendue variation biochimique du ferment bulgare, par F. DUCHAČEK ( <i>première partie</i> ). . . . .	288
Les vaccinations antirabiques à l'Institut Pasteur en 1914, par Jules VIALA. . . . .	306
Hypothèse sur le Phlébotome « transmetteur » et la Tarente « réservoir de virus » du bouton d'Orient, par Edm. SERGENT, Ét. SERGENT, G. LEMAIRE et G. SE-NEVET. . . . .	309
Recherches biologiques sur l'Éosinophile (2 <sup>e</sup> partie). Propriétés phagocytaires et absorption de produits vermineux, par M. WEINBERG et P. SÉGUIN (avec les planches VI et VII). . . . .	323
Sur une prétendue variation biochimique du ferment bulgare, par F. DUCHAČEK ( <i>suite et fin</i> ). . . . .	347
Jubilé du professeur Élie METCHNIKOFF. . . . .	357
Sur quelques cas de tétanos localisé à la région blessée, tétanos médullaire, par le D <sup>r</sup> MONTAIS (des Lilas) . .	369
Contribution à l'étude de la flore microbienne habituelle de la bouche normale (nouveau-nés, enfants, adultes), par M <sup>me</sup> Z. A. BRAĬLOVSKY-LOUNKEVITCH. . . . .	379
Jubilé de M. le professeur A. LAVERAN. . . . .	405
Comment le bouton d'Orient se propage-t-il? par A. LA-VERAN. . . . .	445

Recherches cytologiques dans le tétanos humain, par Y. MANOUÉLIAN (avec les planches VIII et IX). . . . .	440
Bacilles tuberculeux et arsenic, par CHARPENTIER . . . . .	443
Contribution à l'étude bactériologique des eaux, par A. MANDOUL et E. GRUAT . . . . .	459
La mort du papillon du mûrier. Un chapitre de thanatologie, par E. METCHNIKOFF (avec les planches X et XI). . . . .	477
La dysenterie de l'Argonne, étude bactériologique, par P. REMLINGER et J. DUMAS. . . . .	498
Deuxième campagne contre les sauterelles ( <i>Stauronotus maroccanus</i> Thun.) en Algérie, au moyen du « <i>Coccobacillus acridiorum</i> » d'Hérelle, par le D <sup>r</sup> M. BÉGUET. . . . .	520
<i>Jubilé Metchnikoff</i> . — Remarks on the nature and significance of the so-called « Infective Granules » of Protozoa, par E.-A. MINCHIN . . . . .	537
<i>Jubilé Metchnikoff</i> . — Le rôle antiputride de la bile, par H. ROGER. . . . .	545
Contribution à l'étude de certaines mycoses de blessures de guerre et de leurs traitements, par E. ROUYER et J. PÉLISSIER . . . . .	551
La tuberculose du porc, épidémiologie, pathogénie et évolution comparées ( <i>première partie</i> ), par P. CHAUSSE. . . . .	556
Recherches sur le mécanisme des échanges entre les racines et le sol. Échange entre les divers tissus de la plante, par P. MAZÉ. . . . .	601
La tuberculose du porc, épidémiologie, pathogénie et évolution comparées, par P. CHAUSSE ( <i>suite et fin</i> ). . . . .	633

---

## TABLE ALPHABÉTIQUE PAR NOMS D'AUTEURS

---

AGULHON (H.). . . . .	Études sur la ricine. — V. Sur le sort de la ricine (toxine et agglutinine) pendant la germination des graines de ricin . . . . .	237
— et ROBERT (M <sup>lle</sup> Thérèse). . . . .	Contribution à l'étude de l'action du radium et de son émanation sur la germination des végétaux supérieurs (avec les planches IV et V) . . . . .	261
BALLEANU (J.), CIUCA (M.) et COMBIESCU (D.). . . . .	Deux épidémies de fièvre typhoïde. Vaccinations antityphiques au virus sensibilisé vivant de Besredka . . . . .	105
BÉGUET (M.). . . . .	Deuxième campagne contre les sauterelles ( <i>Stauronotus maroccanus</i> Thun.) en Algérie, au moyen du « <i>Coccobacillus acridiorum</i> » d'Hérelle. . . . .	520
BERTRAND (G.) et SAZERAC (R.).	Sur l'action favorable exercée par le manganèse sur la fermentation acétique . . . . .	178
BRAÏLOVSKY - LOUNKEVITCH (M <sup>me</sup> Z. A.). . . . .	Contribution à l'étude de la flore microbienne habituelle de la bouche normale (nouveau-nés, enfants, adultes). . . . .	379
BURNET (Ét.). . . . .	La prétendue destruction des bacilles de Koch dans le péritoine des cobayes tuberculeux . . . . .	119
— . . . . .	Sur la virulence des bacilles tuberculeux. . . . .	221
— . . . . .	Quand et comment apparaît la sensibilité à la tuberculine? . . . . .	274
CÉSARI (E.), NICOLLE (M.) et RAPHAEL (M <sup>lle</sup> A.). . . . .	Études sur le vibron septique et le <i>Bacterium Chauvæi</i> . . . . .	165
CHARPENTIER. . . . .	Bacilles tuberculeux et arsenic . . . . .	443
CHAUSSÉ (P.). . . . .	La tuberculose du porc, épidémiologie, pathogénie et évolution comparées.	556, 633



CIUCA (M.), COMBIESCU (D.) et BALLEANU (J.). . . . .	Deux épidémies de fièvre typhoïde. Vaccinations antityphiques au virus sensibilisé vivant de Besredka . . . . .	103
COLEMAN (George E.). . . . .	L'acide butyrique et la sclérose (avec la planche III) . . . . .	139
COMBIESCU (D.), CIUCA (M.) et BALLEANU (J.). . . . .	Deux épidémies de fièvre typhoïde. Vaccinations antityphiques au virus sensibilisé vivant de Besredka . . . . .	103
DANYSZ (J.) et SERZYNSKI (Z.). . . . .	Essais d'immunisation des petits rongeurs, contre les paratyphiques naturellement pathogènes pour ces animaux . . . . .	55
DEBAINS (E.) et JUPILLE (F.). . . . .	Sur le séro-diagnostic de la tuberculose. . . . .	182
DUCHACEK (F.). . . . .	Sur une prétendue variation du ferment bulgare . . . . .	288, 347
DUMAS (J.) et REMLINGER (P.). . . . .	La dysenterie de l'Argonne, étude bactériologique . . . . .	498
GRUAT (E.) et MANDOUL (A.). . . . .	Contribution à l'étude bactériologique des eaux. Les bacilles coliformes. . . . .	459
JUPILLE (F.) et DEBAINS (E.). . . . .	Sur le séro-diagnostic de la tuberculose. . . . .	182
KOBZARENKO. . . . .	Recherches sur la fixation des toxines par les leucocytes . . . . .	190
KOPACZEWSKI (W.). . . . .	L'influence des acides sur l'activité de la maltase dialysée . . . . .	157
LAUNOY (L.) et LÉVY-BRUHL (M.). . . . .	Sur la résistance des poules à l'infection par le <i>Spirochæta gallinarum</i> après thyroïdectomie ou splénectomie. . . . .	213
LAVERAN (A.). . . . .	Les leishmanioses chez les animaux ( <i>suite et fin</i> ) [avec les planches I et II] . . . . .	4, 71
— . . . . .	Réponse au discours de M. Roux, le jour de son jubilé. . . . .	413
— . . . . .	Comment le bouton d'Orient se propage-t-il? . . . . .	415
LEMAIRE (G.), SENEVET (G.) et SERGENT (Edm. et Ét.). . . . .	Hypothèse sur le Phlébotome « transmetteur » et la Tarente « réservoir de virus » du bouton d'Orient . . . . .	309
LÉVY-BRUHL (M.) et LAUNOY (L.). . . . .	Sur la résistance des poules à l'infection par le <i>Spirochæta gallinarum</i> après thyroïdectomie ou splénectomie. . . . .	213
MANDOUL (A.) et GRUAT (E.). . . . .	Contribution à l'étude bactériologique des eaux. Les bacilles coliformes. . . . .	459

MANOUÉLIAN (Y.). . . . .	Recherches cytologiques dans le tétanos humain (avec les planches VIII et IX). . . . .	440
MAZÉ (P.). . . . .	Recherches sur le mécanisme des échanges entre les racines et le sol. Échange entre les divers tissus de la plante. . . . .	601
METCHNIKOFF (E.). . . . .	Causerie à l'occasion de son jubilé. . . . .	364
— . . . . .	La mort du papillon du mûrier. Un chapitre de thanatologie (avec les planches X et XI). . . . .	477
MINCHIN (E.-A.). . . . .	<i>Jubilé Metchnikoff</i> . — Remarks on the nature and significance of the so-called « Infective Granules » of Protozoa. . . . .	537
MONTAIS (des Lilas). . . . .	Sur quelques cas de tétanos localisé à la région blessée, tétanos médullaire. . . . .	369
MORAX (V.). . . . .	Troisième note sur la conservation des « toxines solubles ». . . . .	413
NICOLLE (M.), CÉSARI (E.) et RAPHAEL (M <sup>lle</sup> A.). . . . .	Études sur le vibrion septique et le <i>Bacterium Chauvæi</i> . . . . .	465
PÉLISSIER (J.) et ROUYER (E.). . . . .	Contribution à l'étude de certaines mycoses de blessures de guerre et de leurs traitements. . . . .	551
RAPHAEL (M <sup>lle</sup> A.), NICOLLE (M.) et CÉSARI (E.). . . . .	Études sur le vibrion septique et le <i>Bacterium Chauvæi</i> . . . . .	465
REMLINGER (P.) et DUMAS (J.). . . . .	La dysenterie de l'Argonne, étude bactériologique. . . . .	498
RICHTER (Charles). . . . .	Adaptation des microbes (ferment lactique) au milieu. . . . .	22
ROBERT (M <sup>lle</sup> Thérèse) et AGULHON (H.). . . . .	Contribution à l'étude de l'action du radium et de son émanation sur la germination des végétaux supérieurs (avec les planches IV et V). . . . .	261
ROGER (H.). . . . .	<i>Jubilé Metchnikoff</i> . — Le rôle antiputride de la bile. . . . .	545
ROUX (E.). . . . .	Lettre à M. E. Metchnikoff à l'occasion de son jubilé. . . . .	358
— . . . . .	Discours prononcé au jubilé de M. A. Laveran. . . . .	406
ROUYER (E.) et PÉLISSIER (J.). . . . .	Contribution à l'étude de certaines mycoses de blessures de guerre et de leurs traitements. . . . .	551
SAZERAC (R.) et BERTRAND (G.). . . . .	Sur l'action favorable exercée par le manganèse sur la fermentation acétique. . . . .	478

SÉGUIN (P.) et WEINBERG (M.) . . . . .	Recherches biologiques sur l'Éosino- phile (2 <sup>e</sup> partie). Propriétés phagocy- taires et absorption de produits ver- mineux (avec les planches VI et VII). 323
SENEVET (G.), SERGENT (Edm. et Ét.) et LEMAIRE (G.). .	Hypothèse sur le Phlébotome « trans- metteur » et la Tarente « réservoir de virus » du bouton d'Orient. . . . 309
SERGENT (Edm. et Ét.). . .	Études épidémiologiques et prophylac- tiques du paludisme. Onzième et dou- zième campagnes en Algérie en 1912 et 1913 . . . . . 249
— LEMAIRE (G.) et SENEVET (G.) . . . . .	Hypothèse sur le Phlébotome « trans- metteur » et la Tarente « réservoir de virus » du bouton d'Orient . . . . . 309
SKRZYNSKI (Z.) et DANYSZ (J.).	Essais d'immunisation des petits ron- geurs contre les paratyphiques natu- rellement pathogènes pour ces ani- maux . . . . . 35
VIALA (Jules). . . . .	Vaccinations antirabiques à l'Institut Pasteur en 1913 . . . . . 258
— . . . . .	Vaccinations antirabiques à l'Institut Pasteur en 1914 . . . . . 306
WEINBERG (M.) et SÉGUIN (P.) . . . . .	Recherches biologiques sur l'Éosino- phile (2 <sup>e</sup> partie). Propriétés phagocy- taires et absorption de produits ver- mineux (avec les planches VI et VII). 323

## TABLE DES PLANCHES

---

PL. I et II. . . . .	Mémoire de	M. A. LAVERAN. . . . .	71
PL. III. . . . .	—	M. G. E. COLEMAN. . . . .	139
PL. IV et V . . . . .	—	M. H. AGULHON et M <sup>lle</sup> THÉRÈSE ROBERT. . . . .	261
PL. VI et VII. . . . .	—	MM. M. WEINBERG et P. SÉGUIN. . . . .	323
PL. VIII et IX . . . . .	—	M. MANOUÉLIAN . . . . .	440
PL. X et XI. . . . .	—	M. METCHNIKOFF. . . . .	477

---

*Le Gérant : G. MASSON.*





## DATE DUE


DEMCO 38-297



3 8198 303 046 732  
THE UNIVERSITY OF ILLINOIS AT CHICAGO

4



